

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Sandra Slivar

Fauna trčaka (Coleoptera, Carabidae) bukovo-jelovih šuma
Dinarida Hrvatske

Diplomski rad

Zagreb, 2015.

Ovaj je rad izrađen na Zoologijskom zavodu biološkog odsjeka, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom izv.prof. dr.sc. Ivančice Ternjej i pomoćnim vodstvom dr. sc. Andreje Brigić. Predan je na ocjenu biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra ekologije i zaštite prirode, smjer ekologija i zaštita prirode.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

FAUNA TRČAKA (COLEOPTERA, CARABIDAE) BUKOVO-JELOVIH ŠUMA DINARIDA HRVATSKE

Sandra Slivar

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Trčci (Coleoptera, Carabidae) su istraživani metodom lovni posuda u Dinarsko bukovo-jelovim šumama (as. *Omphalodo-Fagetum*) na području prašume Čorkova uvala (NP Plitvička jezera) i u gospodarenoj šumi (Gorski kotar) tijekom dvogodišnjeg istraživanja. Ukupno je sakupljeno 14 367 jedinki trčaka koje pripadaju u 38 vrsta. Raznolikost trčaka je značajno veća u prašumi nego li u gospodarenoj šumi, dok je obrnuti trend uočen za brojnost jedinki trčaka. Veća brojnost jedinki u gospodarenoj šumi je prvenstveno uvjetovana dominacijom vrste *Nebria dahlii*. Prema analizi nemetričkog multidimenzionalnog skaliranja sastav zajednica trčaka prašume i gospodarene šume pokazuje međusobno visok stupanj sličnosti. Analiza ekoloških preferencija vrsta nije pokazala statistički značajne razlike između istraživanih šumskih sastojina. Međutim, analiza morfoloških značajki, ponajprije veličine tijela, pokazala se kao koristan alat u detektiranju promjena u istraživanim šumskim sastojinama. Naime, u prašumi prevladavaju velike vrste trčaka, što je utjecalo i na razlike u vrijednostima indeksa srednje individualne biomase trčaka (MIB-a) koji je bio značajno veći u prašumi. Razlike u indeksu srednje vrijednosti individualne biomase trčaka (MIB-u) ukazuju na promjene u strukturi zajednice trčaka između istraživanih šuma.

(XIII+ 62 stranica, 21 slika, 9 tablica, 100 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: Carabidae, gospodarena šuma, prašuma, indeks srednje individualne biomase, indeks sklonosti šumskim staništima

Voditelj: dr.sc. Ivančica Ternjej, izvanredni profesor
Pomoćni voditelj: dr.sc. Andreja Brigić

Ocjenitelji: dr.sc. Ivančica Ternjej, izvanredni profesor
dr. sc. Renata Šoštarić, doc.
dr.sc. Biljana Balen, izvanredni profesor

Rad prihvaćen: 05.veljače 2015.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation thesis

CARABID BEETLE (COLEOPTERA, CARABIDAE) FAUNA OF BEECH-FIR FORESTS IN CROATIAN DINARIC ALPS

Sandra Slivar

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb

Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) were studied by pitfall traps in the Dinaric beech-fir forests (as. *Omphalodo-Fagetum*) in the Čorkova uvala virgin forest (NP Plitvice Lakes) and in the managed forest (Gorski kotar) during two years. A total of 14 367 individuals belonging to 38 species were collected. Diversity was significantly higher in the virgin forest than in the managed forest, while opposite pattern was detected for carabid beetle activity density. High activity density in the managed forest was primarily caused by extremely high abundance of *Nebria dahlii*. The nonmetric multidimensional scaling showed high similarity of carabid beetle assemblages between virgin and managed forests. The life-history traits analysis of species showed no significant difference between studied forests. However, analysis of morphological traits, especially body sizes, appeared to be appropriate tool for detecting changes in carabid beetle assemblages between studied forests. Furthermore, large sized carabid beetles prevail in the virgin forest. Therefore, the values of mean individual biomass were significantly higher in the virgin forest than in the managed forest. These differences imply on changes in carabid beetle assemblages between studied forests.

(XIII+62 pages, 21 figures, 9 tables, 100 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library.

Key words: Carabidae, virgin forest, managed forest, mean individual biomass, forrest affinity index

Supervisor:

Dr. Ivančica Ternjej, Assoc.Prof.

Assistant Supervisor:

Dr. Andreja Brigić

Reviewers:

Dr. Ivančica Ternjej, Assoc.Prof.

Dr. Renata Šoštarić, Asst.Prof.

Dr. Biljana Balen, Assoc.Prof.

Thesis accepted: 5 February 2015.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Bukovo-jelove šume Dinarida Hrvatske.....	1
1.2. Opće značajke trčaka.....	4
1.2.1. Biologija trčaka	4
1.2.1. Osjetljivost trčaka na promjene na staništu.....	5
1.2.3. Starost šuma i utjecaj gospodarenja na trčke	7
1.3. Cilj istraživanja	7
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	8
2.1. Opis postaja.....	9
2.1.1. Gospodarena bukovo-jelova šuma.....	9
2.1.2. Prašuma	10
3. MATERIJALI I METODE.....	11
3.1. Metoda sakupljanja faune tla	11
3.2. Taksonomsko određivanje materijala.....	12
3.3. Mjerenje pedoloških značajki tla.....	12
3.4. Statistička analiza zajednice trčaka	13
3.4.1. Dominantnost (učestalost).....	13
3.4.2. Konstantnost (frekventnost)	13
3.4.3. Raznolikost, jednolikost i sličnost	14
3.4.4. Srednja individualna biomasa trčaka	15
3.4.5. Indeks sklonosti prema šumskim staništima (FAI)	16
3.4.6. Analiza ugroženosti trčaka	17
4. REZULTATI	18
4.1. Bogatstvo vrsta, brojnost i raznolikost trčaka.....	22
4.2. Dominantnost	24
4.3. Konstantnost.....	26

4.4. Sezonska dinamika dominantnih i subdominantnih vrsta trčaka	28
4.5. Analiza ekoloških i morfoloških značajki vrsta trčaka.....	31
4.6. Srednja individualna biomasa trčaka.....	34
4.7. Indeks sklonosti prema šumskim staništima.....	36
4.8. Sličnost zajednica trčaka prašume i gospodarene šume	38
4.9. Ugroženost	39
4.10. Analiza okolišnih čimbenika.....	41
4.10.1. Temperatura tla na 10 cm dubine	41
4.10.2. Vlaga tla	43
5. RASPRAVA	46
5.1. Sastav i struktura zajednice trčaka	46
5.2.1. Biologija dominantnih i subdominantnih vrsta trčaka u šumskim sastojinama	48
5.3. Morfološke i ekološke značajke vrsta kao pokazatelji promjena na staništu	49
5.4. Implikacije na konzervaciju	51
6. ZAKLJUČAK.....	52
7. LITERATURA	53
8. PRILOZI.....	X
9. ŽIVOTOPIS.....	XII

1. UVOD

1.1. Bukovo-jelove šume Dinarida Hrvatske

Dinaride Gorskog kotara i Like u visokogorskom vegetacijskom pojasu određuju bukovo-jelove šume te daju glavni izgled ovom krajoliku. (RAUŠ 1992). Dinarske bukovo-jelove (as. *Omphalodo-Fagetum*/TREGUBOV 1975/MARINČEK i sur. 1993) šume prostiru se u dinarskoj vegetacijskoj zoni europskog-altimonskog vegetacijskog pojasa eurosibirsko-sjevernoameričke regije. Kod nas rastu u Lici, na Velebitu i Plješivici, Velikoj i Maloj Kapeli, te u Gorskome kotaru, a njihova je površina u Hrvatskoj oko 140 000 ha (VUKELIĆ i sur. 2008). Iste šumske sastojine nalaze se još u susjednoj Sloveniji, Bosni, Srbiji, Crnoj Gori i Albaniji (BONCINA 2011). Uspijevaju između dva pojasa relativno čistih bukovih šuma na nadmorskoj visini od 600 - 1 000 m, manje više na svim terenima, nagibima i ekspozicijama. Zajednice rastu na dolomitnoj i karbonatnoj geološkoj podlozi, na lesiviranim tlima, smeđim karbonatnim tlima i karbonatnim crnicama. U arealu dinarsko-bukovo jelovih šuma prosječna je godišnja temperatura zraka između 6 °C i 8 °C, a prosječna godišnja količina oborina između 1 200 i 2 350 mm (VUKELIĆ i sur. 2008).

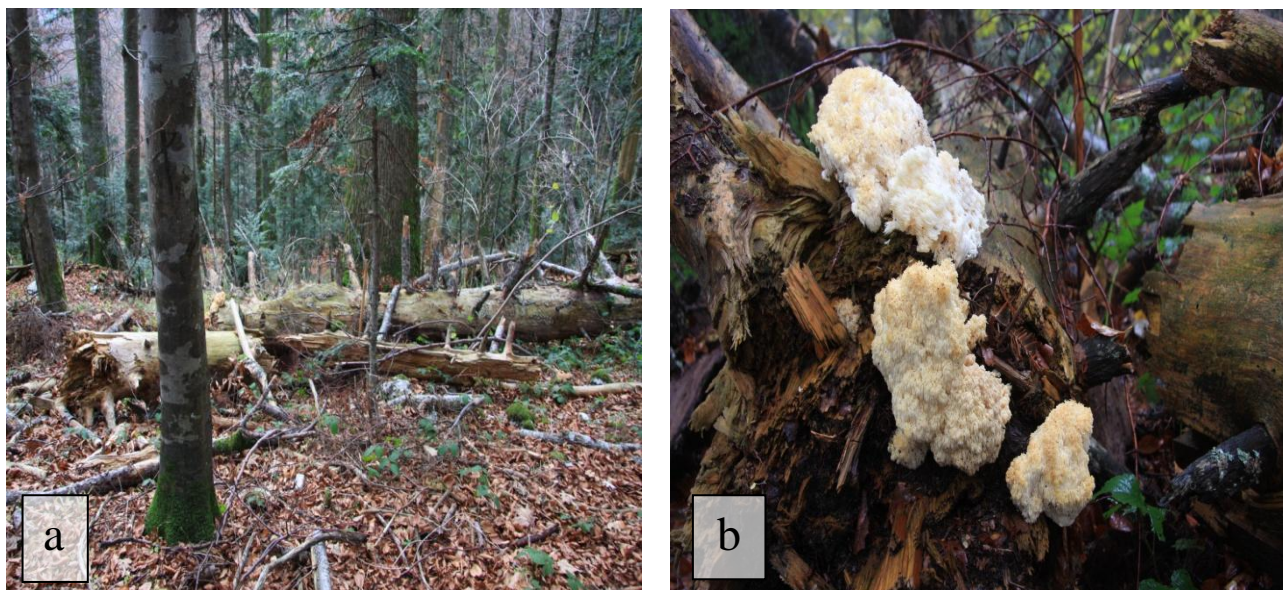
Karakteristične vrste bukovo-jelovih šuma u sloju drveća su obična jela (*Abies alba* Mill.), bukva (*Fagus sylvatica* L.) i smreka (*Picea abies* (L) Karsten), uz njih rastu gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.) i gorski brijest (*Ulmus glabra* Huds.). U sloju grmlja dominira crvena kozja krv (*Lonicera xylosteum* L.) i likovac (*Daphne mezereum* L.), a u prizemnom sloju proljetno mišje uho (*Omphalodes verna* Monech.) (VUKELIĆ i sur. 2008).

Pomlađivanje je u ovim šumskim sastojinama trajno i uvijek prisutno. S dijelom sastojina se ne gospodari jer su u nacionalnim parkovima neki dijelovi stavljeni izvan sustava gospodarenja zbog znanstvenih proučavanja prašumskih ekosustava, a ostalim se sastojinama gospodari prebornim načinom. Na taj se način uspio očuvati određeni broj prašuma u Hrvatskoj, u nacionalnim parkovima Plitvička jezera, Risnjak i Sjeverni Velebit. Najpoznatije hrvatske prašume su Čorkova uvala, Štirovača, Devčića tavani i Nadžak-bilo (VUKELIĆ i sur. 2008).

Prašuma je ekološki stabilna šuma s čvrstim i dinamički uravnoteženim odnosima između klime, tla (staništa) i organizma (biocenoze), a istodobno očuvana od antropogenog utjecaja koji bi mogli izmijeniti zakonitosti životnih procesa i njezinu strukturu (KORPEL 1995). Jedan od osnovnih pokazatelja prašumskog stanja je prirodnost (VUKELIĆ i MIKAC 2010). Prirodnost podrazumijeva izraz trenutnog prirodnog stanja nasuprot kultiviranom stanju (stanje prirode kreirano od strane

čovjeka) i originalno stanje (prvobitno stanje prirode nastalo i razvijalo se bez utjecaja čovjeka (SCHERZINGER 1996). Kompletni razvojni ciklus prašume podijeljen je na sljedeće faze: inicijalna, preborna, optimalna, terminalna (starenje i raspadanje). Čimbenici koji utječu na dinamiku prašume su vjetar, snijeg, led, lavine, požari, bujice i drugi abiotski čimbenici, te biotski čimbenici poput patogenih mikoroorganizama (gljive, bakterije), herbivori, saproksilni kukci i glodavci. Temeljnim pokretačem dinamike prašumskih sastojina umjerene europske zone smatra se vjetar u kombinaciji s patogenim gljivama koji uzrokuju pad mrtvih dubućih stabala i stvaranje progala (KORPEL 1989, DIACI 2003, NAGEL i sur. 2006, 2007). Novonastale progale su mjesta gdje započinje proces prirodne obnove prašumskih sastojina. Prašumske sastojine imaju izrazito veliku drvenu masu koja doseže vrijednost i do 1500 m³/ha. Apsolutni iznos drvene mase zalihe ovisi o vrsti drveća, produktivnosti staništa, klimi, nadmorskoj visini i dr. U komparaciji s gospodarenim sastojinama iznos volumena u prašumskim sastojinama je ponekad je dva do tri puta veći (VUKELIĆ i MIKAC 2010).

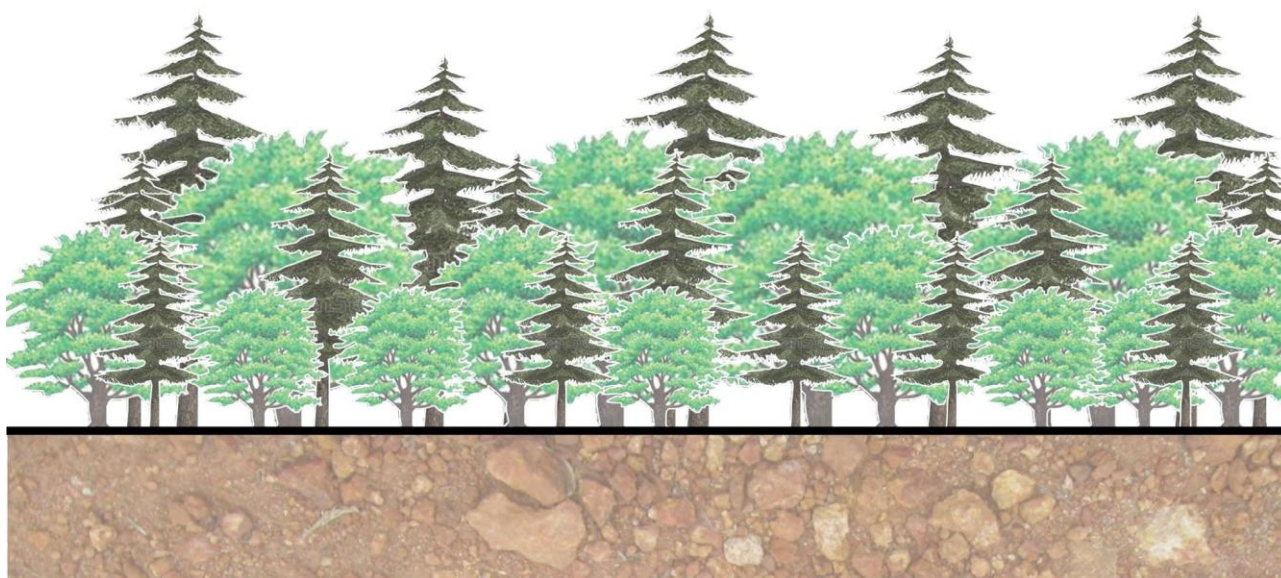
Mrtvo drvo važan je čimbenik u ciklusu kruženja tvari, također je stanište za brojne biljne i životinjske vrste te gljive (Slika 1a). Osim toga hranjiva je podloga za mnoge kukce, bakterije i gljive. Određeni kukci se hrane drvnim materijalom (ksilofagi), drugi konzumiraju gljive na mrtvom drvu (mikofagi), dok su druge vrste predatori na njima, a nekim kukcima mrtvo drvo potrebno je za razvoj (GULLAN i CRANSTON 2005). Mrtvo drvo može se smatrati kao mikrostanište koje se kontinuirano razvija tijekom vremena, kojim se treba pravilno upravljati kako bi se očuvale vrste vezane za njega (VUKELIĆ i MIKAC 2010).



Slika 1. a) mrtvo drvo u prašumi Čorkova uvala; b) gljive na mrtvom drvu.

Gospodarene bukovo-jelove šume imaju izmijenjenu strukturu i neka prirodna načela u odnosu na prašumu. U prvom redu ubrzani su prirodni procesi, a kao glavni čimbenik selekcije pojavio se čovjek. S obzirom na način gospodarenja razlikujemo dva temeljna načina gospodarenja: preborno i regularno gospodarenje (VUKELIĆ i MIKAC 2010). Preborno gospodarenje podrazumijeva šumsku praksu stvaranja šuma, u kojoj se po jedinici površine nalaze stabla najrazličitijih visina i debljina u tri sloja vertikalne strukture koja su pomiješana pojedinačno ili u manjim grupama, te se na taj način osigurava nejednolični šumski sklop (ŠAFAR 1978). Prebornu šumu (Slika 2) karakterizira gospodarenje bez ophodnje, ravnomjerno raspoređena drvena zaliha na čitavoj površini, profil sastojine ispunjen zelenilom, stupnjeviti sklop, neprekidno pomlađivanje, neznatne oscilacije drvnog volumena, težnja maksimalnoj proizvodnji na minimalnoj površini, koncentrirano izvođenje uzgojnih postupaka s obzirom na vrijeme i prostor, biološka stabilnost i strukturna labilnost (PRPIĆ i sur. 2001).

Preboran sustav gospodarenja suprotan je regularnom gospodarenju ili čistoj sječi koja rezultira jednodobnim sustavom stabala u šumskoj sastojini, a isti ima i ekonomsku prednost jer pruža periodičan prinos drvne mase na relativno malom prostoru (<3 ha) (KURTH 1994). Preborno gospodarenje zamijenilo je čistu sječ u jelovim šumama gotovo u cijeloj srednjoj Europi (JOHANN 2007), pa tako i u hrvatskim Dinaridima prije svega zbog spoznaje kolika je važnost kontinuiranog višeslojnog pokrova šumske sastojine za sprječavanje erozije tla (TREGUBOV 1957). Osim što preborno gospodarenje pruža povoljne mikroklimatske uvjete te nesmetanu prirodnu regeneraciju i veću produktivnost staništa (ROBIC i ACCETO 2002), različita starosna struktura šumske sastojine također rezultira i većom otpornošću na prirodne katastrofe kao što su vjetar ili lavine za razliku od jednodobnih šumskih sastojina (MASON 2002, KLOPČIĆ i sur. 2009).



Slika 2. Shematski prikaz preborne šume. Stabla bukve (*Fagus sylvatica* L.) i obične jele (*Abies alba* Mill.) različitih visina i debljina u tri sloja vertikalne strukture.

1.2. Opće značajke trčaka

1.2.1. Biologija trčaka

Trčci (Carabidae) su porodica unutar razreda kukaca (Insecta) i reda kornjaša (Coleoptera), pripadaju podredu Adephaga s preko više od 40 000 vrsta (ARNDT i sur. 2005). U Hrvatskoj prema preliminarnom popisu (VUJČIĆ - KARLO i BRIGIĆ, neobjavljeni podatci) dolazi oko 820 vrsta i podvrsta trčaka. Svojom brojnošću predstavljaju važnu ulogu u hranidbenoj mreži unutar postojećih ekosustava (THIELE 1977). Rasprostranjeni su u najrazličitijim kopnenim staništima, izuzev pustinja (LÖVEI i SUNDERLAND 1996). Prema vanjskim morfološkim značajkama trčci čine jedinstvenu skupinu kukaca monofiletičkog porijekla (THIELE 1977). Odrasle jedinke i ličinke žive u slojevima tla ili listinca (Slika 3) i ponekad se penju na prizemno bilje ili grmlje, dok velik dio tropskih i suptropskih vrsta, a i neke vrste umjerenih područja provodi arborealan način života, ispod lišća ili kore drveća (ARNDT i sur. 2005).



Slika 3. Vrsta *Carabus violaceus* na sloju listinca u bukovo-jelovoj šumi.

Većinom su predatori, a vrste svega nekoliko rodova su herbivorne, poput vrsta rodova *Amara* Bonelli, 1810, *Harpalus* Latreille, 1802 i *Zabrus* Clairville, 1806 (THIELE 1977, TOFT i BILDE 2002). Najčešće se hrane puževima, gujavicama, drugim kukcima, gljivama, sjemenkama, voćem i drugim dijelovima biljaka (THIELE 1977, TRAUTNER i GEIGENMULLER 1987). Korisni su na poljoprivrednim dobrima, te u šumama gdje se hrane različitim stadijima gospodarski štetnih vrsta (SUNDERLAND 2002). Najčešći predatori trčaka su šišmiši, glodavci, ptice, vodozemci i gmazovi (THIELE 1977).

Razvoj trčaka je holometabolan, što znači da je u njihov razvoj uključen i stadij kukuljice. Trčke prema vremenu razmnožavanja možemo podijeliti na proljetne, jesenske i bimodalne vrste, iako se vrijeme razmnožavanja može promijeniti ovisno o nadmorskoj visini i zemljopisnoj širini (THIELE 1977, BRANDMAYR 1981). Proljetne vrste razmnožavaju se u rano proljeće i ljeto i prezimljuju kao odrasle jedinke, jesenske vrste razmnožavaju se u jesen i prezimljuju u stadiju ličinke, dok se bimodalne vrste razmnožavaju i u proljeće i u jesen i prezimljuju u oba oblika (THIELE 1977).

1.2.1. Osjetljivost trčaka na promjene na staništu

Trčci su brojni u različitim staništima, taksonomija i sistematika im je stabilna i relativno ih se lako određuje do vrste pomoću determinacijskih ključeva (THIELE 1977, PEARCE i VENIER 2006). Njihova ekologija je dosta dobro poznata, posebice vrsta rasprostranjenih u srednjoj i sjevernoj

Europi, te ih se može klasificirati u ekološke grupe (npr. prema preferencijama prema staništu - šumske vrste, vrste indiferentne na zasjenjenost, vrste otvorenih staništa; prema preferencijama prema vlazi u tlu - higrofilne, mezofilne i kserofilne vrste; prema ekološkoj valenciji - stenovalentne i eurivalentne vrste). Najvažniji čimbenici koji utječu na njihovo rasprostranjenje na staništu su vlažnost tla, temperatura tla i zasjenjenost (THIELE 1977, HOLOPAINEN i sur. 1995, HONĚK 1997). Obzirom da su osjetljivi na mikroklimatske promjene na staništu, trčci se posljednjih desetljeća koriste u mnogim ekološkim istraživanjima (npr. KOIVULA i sur. 1999, NIEMELA i sur. 1999, SKŁODOWSKI 2006). Korisni su kao okolišni i ekološki indikatori (*sensu* MEGEOCH (1998)) te pokazuju promjene u sastavu i strukturi zajednice uslijed procesa fragmentacije, promjena na staništu i načinu korištenja zemljišta (LÖVEI i SUNDERLAND 1996, FOURNIER i LOREAU 2001, MAGURA i sur. 2001, RAINIO i NIEMELÄ 2003). Također je utvrđeno da su osjetljivi na šumsko-uzgojne zahvate (NIEMELÄ i sur. 1999, HUBER i BAUMGARTEN 2005). Narušavanje šumskih sustava, kao što je izgradnja cesta i sječa stabala, uzrokuje djelomično ili potpuno uklanjanje krošnji. Krošnje djeluju kao zaštita od vjetra i kao izvor sjene te određuju uvjete na šumskom tlu. Uklanjanje krošnji rezultira povećanom insolacijom, većim temperaturnim promjenama, sušim mikroklimatskim prilikama te većoj izloženosti vjetru (CHEN i sur. 1993, JIGUAN i sur. 1998). Zasjenjenost sklopa izuzetno je važna za šumske vrste trčaka, kao i struktura vegetacije jer prije svega utječe na prezimljavanje pojedinih vrsta (HOLLAND 2002, THOMAS i sur. 2002). Često se u gospodarenju šumama pri sječi koriste teški strojevi što dovodi do promjena u strukturi tla, te se uklanja kamenje, uništava sloj listinca i uklanjaju drvni ostatci (FREEDMAN i sur. 1996, PEDLAR i sur. 2002). Ovakve promjene dovode do promjena u vodnom režimu tla, a samim time uzrokuju i promjene u ponašanju trčaka (PEARCE i VEINER 2006).

Poremećaji na staništu mogu se osim preko ekoloških svojstava vrsta uočiti i prema morfološkim svojstvima vrsta trčaka (SZYSZKO 1983, ŠUSTEK 1987, BLAKE i sur. 1994, RIBERA i sur. 2001). Uočeno je da na staništima s poremećenom funkcijom dominiraju manje vrste trčaka (SZYSZKO 1983, ŠUSTEK 1987, BLAKE i sur. 1994,), dok u stabilnijim staništima dominiraju velike vrste trčaka (RIBERA i sur. 2001). Naime, SZYSZKO (1983) je preko indeksa srednje individualne biomase postavio hipotezu prema kojoj smanjenje poremećaja na staništu povećava srednju dužinu tijela. Prema građi stražnjeg para krila trčke možemo podijeliti na: makropterne (krila su im potpuno razvijena), brahiopterne (krila ne postoje ili su skraćena) i dimorfne (dužina krila je različita, najčešće kod različitih populacija) (THIELE 1977). Dužina tijela često se povezuje sa sposobnošću leta, te su mali i srednje veliki trčci makropterni i mogu letjeti i na taj način relativno brzo promijeniti svoje stanište (BLAKE i sur. 1994, RIBERA i sur. 2001), dok su velike vrste brahiopterne i

moгуćnost rasprostranjena im je manja te nastanjuju ekosustave u kasnijim fazama sukcesije (DEN BOER 1990). Promjene na staništu dakle utječu na smanjenje brojnosti velikih i slabije pokretnih vrsta i povećanje brojnosti manjih vrsta koje mogu letjeti (RAINIO i NIEMELÄ 2003).

1.2.3. Starost šuma i utjecaj gospodarenja na trčake

O utjecaju gospodarenja u šumama na sastav i strukturu trčaka objavljen je niz istraživanja, a rezultati su pokazali kako gospodarenje ima veliki utjecaj na zajednicu trčaka (KOIVULA i sur. 1999, NIEMELÄ 1999, KOIVULA 2001, 2002, SKŁODOWSKI 2006). Kao uzroci smanjenja raznolikosti trčaka u istraživanjima navode se homogenizacija šumskih sastojina, uklanjanje odumrlih stabala, čista sječa, smanjenje dobne starosti šumske sastojine te promjene u šumskom tlu. Primjerice, intenzivan način gospodarenja uzrokovao je smanjenje populacije oko 35% ugroženih šumskih vrsta (NIEMELÄ i sur. 1999), dok selektivna sječa ima znatno manji utjecaj na zajednicu trčaka i u takvim se staništima zadržavaju vrste trčaka tzv. šumski specijalisti (KOIVULA 2002).

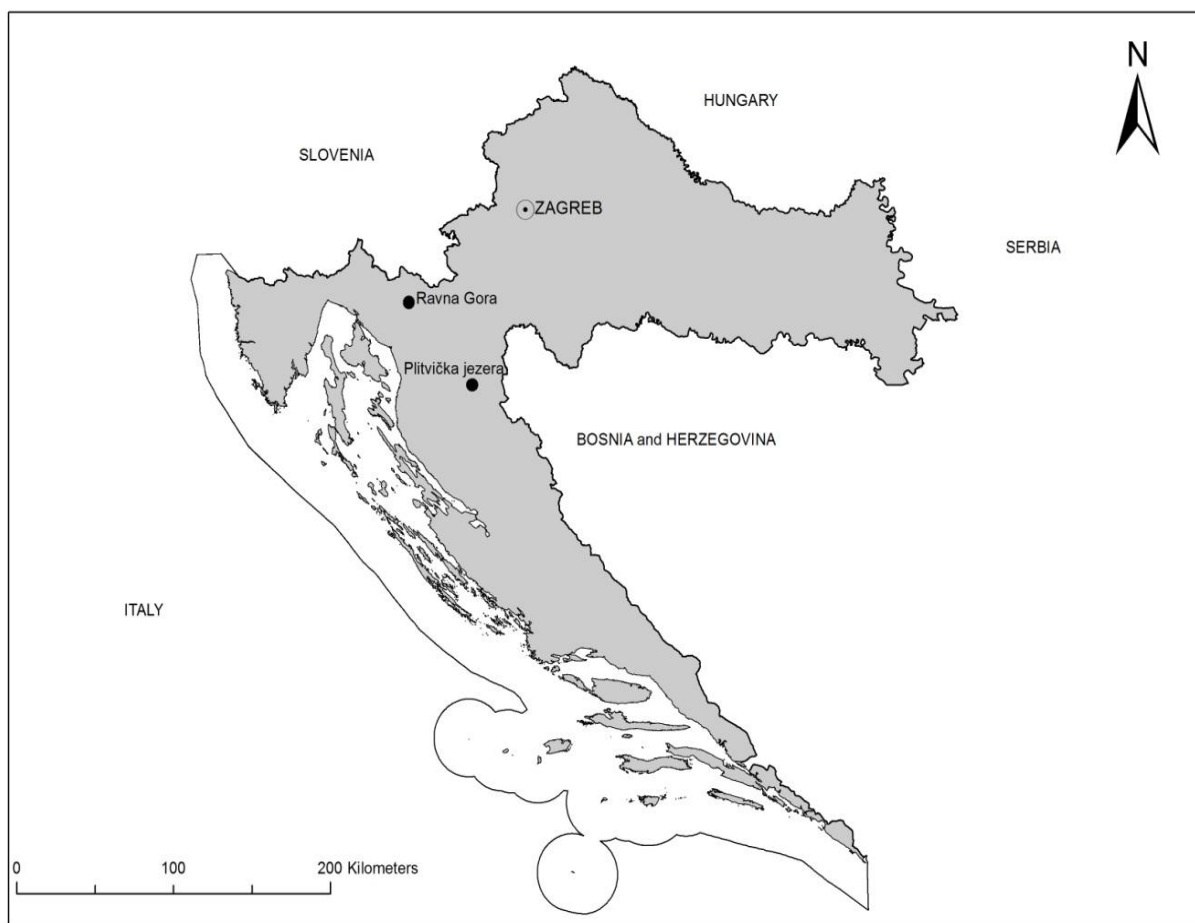
Na području srednje i sjeverne europske veći broj istraživanja faune trčaka proveden je u šumama čija prosječna starost iznosi oko 150 godina, takve šume često su malih površina i karakterizira ih heterogeni krajolik (ASSMANN 1999, SROKA i FINCH 2006). Istraživanja su pokazala da su vrste šumski specijalisti brojnije u starim šumama, dok im se brojnost drastično smanjuje u gospodarenim šumama (NIEMELÄ i sur. 1988, ASSMANN 1999). Sastav zajednica trčaka također se razlikuje između dobno mlađih i starijih šuma, u starijim šumama najčešće dominiraju velike i šumske vrste trčaka (ASSMANN 1999).

1.3. Cilj istraživanja

Ciljevi ovog istraživanja su: 1) odrediti postoje li razlike u sastavu i strukturi zajednice trčaka prašume i gospodarene šume, 2) odrediti sezonsku dinamiku dominantnih i subdominantnih vrsta trčaka, 3) odrediti postoje li razlike u ekološkim i morfološkim svojstvima vrsta u istraživanim šumskim sastojinama, te 4) odrediti utjecaj okolišnih varijabli koje mogu značajno utjecati na rasprostranjenost trčaka na staništu.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje faune trčaka provedeno je u gospodarenoj dinarskoj bukovo-jelovoj šumi (Gorski kotar, u blizini naselja Ravna Gora) i u prašumi Čorkova uvala (NP Plitvička jezera) (Slika 4) tijekom dvogodišnjeg razdoblja od travnja do studenog 2009. i u istom vremenskom periodu 2010. godine. U gospodarenoj šumi nalazile su se četiri postaje, isti broj postaja bio je postavljen i u prašumi.



Slika 4. Zemljopisni položaj područja istraživanja; (Ravna Gora, Gorski kotar, Čorkova uvala, NP Plitvička jezera).

2.1. Opis postaja

2.1.1. Gospodarena bukovo-jelova šuma

Gospodarena bukovo-jelova šuma nalazila se na nadmorskoj visini od 945 metara (5499433, 5022398). U sloju drveća utvrđeno je pet vrsta među kojima dominiraju bukva (*Fagus sylvatica* L.) i jela (*Abies alba* Mill.), uz njih dolaze još gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.), smreka (*Picea abies* L.) i planinska oskoruša (*Sorbus aucuparia* L.). Sloj grmlja bogatiji je vrstama te je utvrđeno 15 vrsta biljaka, a neke od njih su oštrodlakava kupina (*Rubus hirtus* Waldst. et Kit.), likovac (*Daphne mezereum* L.), borovnica (*Vaccinium myrtillus* L.) te crna kozja krv (*Lonicera nigra* L.). U sloju prizemnog rašća od 43 prisutne vrste najbrojnije su bijela šumarica (*Anemone nemorosa* L.), proljetno mišje uho (*Omphalodes verna* Monech), mirisna lazarkinja (*Galium odoratum* (L.) Scop.), šumski cecelj (*Oxalis acetostella* L.), velika mrtva kopriva (*Lamium orvala* L.), divlji luk (*Allium ursinum* L.) i višegodišnji prosinac (*Mercurialis perennis* L.). Visina vegetacije iznosila je prosječno oko 25 m, a tlo je smeđi kalkokambisol na vapnencu (MARTINOVIĆ 1997), duboko i bogato listincem (Slika 5a).



Slika 5. a) Gospodarena šuma iznad naselja Ravna Gora (Gorski kotar); b) Prašuma Čorkova uvala (NP Plitvička jezera).

2.1.2. Prašuma

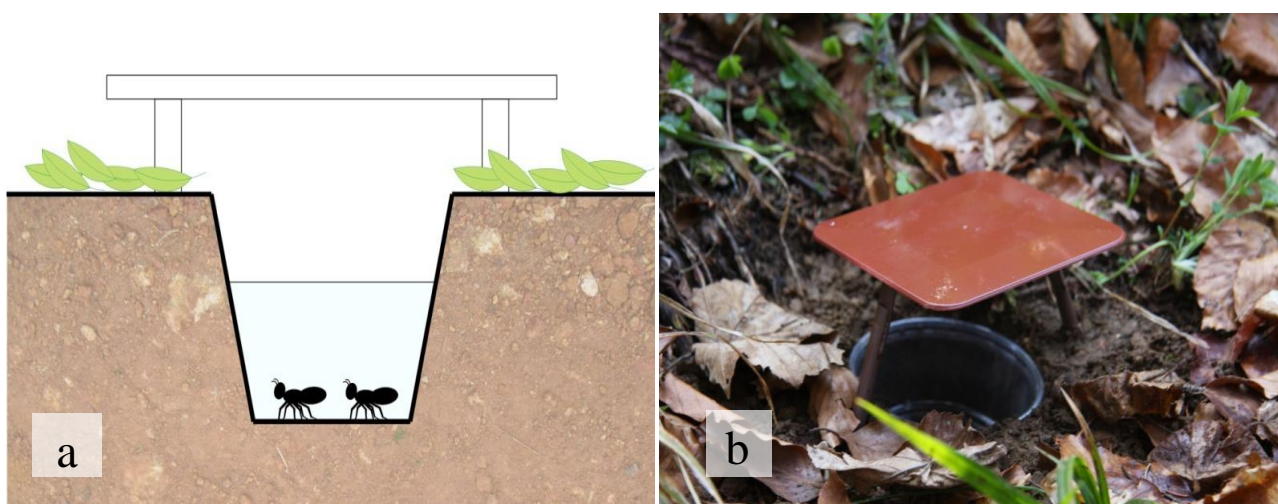
Prašuma Čorkova uvala nalazi se u Nacionalnom parku Plitvička jezera, na Maloj Kapeli, jednoj od gora hrvatskih Dinarida. Zauzima površinu od 79,5 ha, nadmorska visina se kreće u rasponu od 860 do 1028 m. Nalazi se na geološkoj podozi vapnenca i dolomita te je karakterizira krški reljef (škrape, vrtače, kameni blokovi). Posebnost prašume je raznolikost dubine tla, ovisno o mikropoložaju krških fenomena, u većem dijelu prašume nalazi se smeđe tlo (kalkokambisol), u vrtačama duboko lesivirano tlo (luvisol) i na kamenim blokovima planinska crnica (kalkomelanosol) (PRPIĆ 1979).

U prašumi u sloju drveća dominiraju bukva (*Fagus sylvatica* L.), jela (*Abies alba* Mill.) i smreka (*Picea abies* L.), te su mjestimično prisutni gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.) i bijeli jasen (*Fraxinus excelsior* L.). U sloju grmlju zabilježeno je 11 vrsta, od kojih je brojna oštrodлакava kupina (*Rubus hirtus* Waldst. et Kit.), ogrozđ (*Ribes uva-crispa* L.), crna bazga (*Sambucus nigra* L.) i orlovi nokti (*Lonicera xylosteum* L.). Sloj prizemnog rašća karakterizira 36 vrsta od kojih dominiraju šumska paprat (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott), mirisna lazarkinja (*Galium odoratum* (L.) Scop.), šumski cecelj (*Oxalis acetostella* L.), višelisna režuha (*Cardamine kitaibelii* Bechrer) i mišjakinja (*Stellaria nemorum* L. ssp. *glochidiosprema* Murb.). Sloj listinca je velik, u vrtači se nalazila planinska crnica (kalkomelansol), a u plićim dijelovima smeđe tlo (kalkokambisol). U šumi se nalaze brojna mrtva dubeća i ležeća stabla, te su postaje udaljene od šumskih prosjeka i otvorenih livadnih staništa (Slika 5b).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Metoda sakupljanja faune tla

Lovne posude najčešće su korištena metoda za uzrokovanje faune tla te je ova metoda primjenjiva u gotovo svim tipovima terestričkih staništa (SALGADO i ORTUNO 1998, KNAP i RUŽIČKA 2008). Metodu prvi puta koristi Hertz (HERTZ 1927, SPENCE i NIEMELÄ 1994), a ubrzo potom i Barber (BARBER 1931) za istraživanje špiljske faune beskralješnjaka. Lovne posude su zakopane u tlu na način da je njihov rub u ravni s površinom tla tako da predstavnici faune tla, koji se aktivno kreću, upadaju u posudu i ostanu zarobljeni u njoj (Slika 6a). S obzirom da ova metoda ovisi izravno o aktivnosti trčaka na površini tla, HEYDEMANN (1957) uvodi pojam '*aktivna gustoća*' (eng. *activity density*). Aktivna gustoća odnosi se na aktivnost pojedine vrste trčaka na tlu koja ovisi o mikro i makroklimatskim uvjetima na staništu (THIELE 1977). Kako bi se spriječio bijeg životinja i međusobno predatorstvo, u lovnu posudu stavlja se konzervans kao što je antifriz, otopina formalina ili etilni alkohol (CURT LAUB i sur. 2008). Iznad lovnih posuda obično se postavljaju krovčići kako bi se posude zaštitile od oborina i listinca (GULLAN i CRANSTON 2005) (Slika 6b). Iako ova metoda ima i nedostataka (izostanak vrsta koji su dobri letači i arborealnih vrsta u uzorcima, male vrste mogu prepoznati rub posude, itd.) (THIELE 1977) još uvijek je riječ o najprimjenjenijoj i najznačajnijoj metodi u ekološkim istraživanjima faune tla (WOODCOCK 2005).



Slika 6. Prikaz lovne posude: a) shematski prikaz lovne posude; b) lovna posuda postavljena u šumi.

Na svakoj postaji postavljeno je pet lovni posuda (ukupno 40 lovni posuda). Lovne posude postavljene su u transektu i međusobno su udaljene pet metara. Ukopane su u zemlju do gornjeg ruba te je iznad svake bio postavljen plastični krovčić smeđe boje (Slika 6b). Kao lovne posude korištene su plastične čaše volumena $0,6 \text{ dm}^3$ (visina 13,5 cm; unutarnji promjer otvora 9,4 cm; donji vanjski promjer 6,2 cm). Lovne su posude do pola napunjene otopinom 75% etanola, vode i vinskog octa (1:1:1) koja je služila kao atraktant i konzervans. Kako bi se smanjila površinska napetost vode, dodano je par kapi deterdenta bez mirisa. Tijekom izlaska na teren, uzorci su sakupljeni na način da se sadržaj lovne posude procijedio i spremio u plastičnu vrećicu volumena 1l. Tako spremljenom uzorku dodijeljena je odgovarajuća oznaka. Oznaka je uključivala sljedeće podatke: lokacija, ime postaje, broj lovne posude i datum sakupljanja. Svi su uzorci bili zaleđeni isti dan u škrinji Zanussi ZFC 321 WBB na temperaturi od -16°C .

3.2. Taksonomsko određivanje materijala

Zaleđeni uzorci su odleđeni i izolirane su jedinice trčaka (Coleoptera, Carabidae) te su konzervirane u 75% etanolu. Jedinice su determinirane na temelju vanjskog izgleda i genitalija pomoću nekoliko determinacijskih ključeva (TRAUTNER i GEIGENMULLER 1987, TURIN i sur. 2003, MULLER-MOTZFELD 2006, LUFF 2007).

3.3. Mjerenje pedoloških značajki tla

Pedološke analize uključivale su mjerenja fizikalnih čimbenika tla. Tijekom istraživanja mjerena su dva parametra, vlaga tla i temperatura tla. Temperatura tla mjerena je na dubini od 10 cm u tlu pomoću P300 Dostmann elektroničkog termometra. Mjerenja su provedena na svih osam istraživanih postaja. Prilikom svakog terenskog izlaska temperatura je mjerena tri puta na svakoj istraživanoj postaji. Vlaga u tlu mjerena je pomoću FieldScout™ TDR 100/200 vlagomjera tla na dubini od 15 cm. Mjerenja su provedena na svakoj od osam postaja pri svakom izlasku na teren, pri čemu je vlaga na svakoj postaji mjerena tri puta. Vlagomjer prikazuje volumetrijski udio vode u tlu (udio volumena vode u određenom volumenu tla/ukupan volumen tla). Mjerenje vlagomjera se zasniva na promjenama elektroprovodljivosti tla ovisno o vlažnosti.

3.4. Statistička analiza zajednice trčaka

3.4.1. Dominantnost (učestalost)

Broj jedinki različitih vrsta trčaka je međusobno različit na različitim staništima. Dominantnost se izračuna prema Smithovoj jednadžbi.

$$D_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} 100$$

Gdje je:

D_i – učestalost (dominantnost)

a_i – broj odraslih jedinki (imaga) vrste i

$\sum_{i=1}^n a_i$ – ukupni broj odraslih jedinki (imaga) na jednoj postaji

Prema dominantnosti vrste su podijeljene u sljedeće skupine (TIETZE 1973):

Dominantne vrste: >5 %

Subdominantne vrste: 4,99% - 0,5%

Recendentne: 0,99% - 0,5%

Subrecendentne: 0,49% - 0,01 %

3.4.2. Konstantnost (frekventnost)

Konstantnost (frekventnost) vrste na staništu označava omjer posuda u kojima je neka vrsta ulovljena u odnosu na broj postavljenih posuda. Izračunava se prema izrazu:

$$Ci = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

Gdje je:

Ci – indeks konstantnosti za i -tu vrstu

a_i – broj posuda u kojima je i -ta vrsta prisutna

Σ – ukupan broj posuda

Prema konstantnosti vrste se dijele na (DROVENIK 1978, TISCHLER 1949):

Eukonstantne vrste: 75% - 100%

Konstantne vrste: 50% - 75%

Akcesorne vrste: 25% - 50%

Akcidentalne vrste: 0,1 - 25%

3.4.3. Raznolikost, jednolikost i sličnost

Raznolikost zajednica trčaka određena je pomoću Shannonova (H') i Simpsonova ($1-\lambda'$) indeksa raznolikosti, a jednolikost pomoću Pieulovog indeksa jednolikosti (J'). Međusobna sličnost zajednica testirana je analizom hijerarhijskog klasteriranja (engl. *hierarchical clustering*) i NMDS analizom (engl. *non-metric multidimensional scaling*) pri čemu se kao mjera koristio Bray-Curtisov koeficijent sličnosti (group average linking).

Simpsonov indeks ($1 - \lambda'$) se temelji na vjerojatnosti da će prilikom slučajnog odabira iz uzorka, dvije izabrane jedinke pripadati istoj vrsti. Izračunava se prema sljedećem izrazu:

$$1 - \lambda' = 1 - (\sum p_i^2)$$

Gdje je:

$1 - \lambda'$ – Simpsonov indeks

P_i – udio vrste i u zajednici

Shannon indeks raznolikosti (H') se koristi kada se zna konačan broj vrsta odabranih nasumice iz velike zajednice (KREBS 1989). Iznos indeksa se povećava s brojem vrsta u zajednici, a izračunava se prema sljedećem izrazu:

$$H'(S) = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Gdje je:

H' – indeks raznolikosti vrsta

s – broj vrsta

p_i – udio svih uzoraka i -te vrste

Jednolikost zajednice se izražava Pielouovim indeksom koji je zapravo omjer Shannonovog indeksa raznolikosti (H') i maksimalnog mogućeg indeksa raznolikosti (H'_{max}):

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Gdje je:

J' – Pielouov indeks raznolikosti

H' – Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti

H'_{max} – maksimalna raznolikost

Međusobna sličnost zajednica testirana je analizom hierarhijskog klasteriranja (engl. *hierarchical clustering*) i NMDS analizom (engl. *non-metric multi-dimensional scaling*) pri čemu se kao mjera sličnosti koristio Bray-Curtisov koeficijent sličnosti. Podatci brojnosti jedinki su prethodno transformirani četvrtim korijenom. Analize indeksa raznolikosti i jednolikosti, kao i analiza hierarhijskog klasteriranja i NMDS analiza su rađene pomoću računalnog paketa PRIMER 6.0 (CLARKE i GORLEY 2006, CLARKE i WARWICK 2001). Razlike u bogatstvu vrsta, brojnosti jedinki, indeksa raznolikosti i ostalih primjenjenih indeksa testirane su pomoću neparametrijskog Mann-Whitney U testa, a analize su provedene u programu Statistika 10.0. (STATSOFT INC.).

3.4.4. Srednja individualna biomasa trčaka

Srednja individualna biomasa trčaka ili skraćeno MIB (engl. *mean individual biomass*) je indikatorska metoda koja se sve učestalije koristi za praćenje sukcesijskih promjena na staništu (SZYSZKO 1990, SZYSZKO i sur. 2000). MIB je moguće izračunati iz mrtvolovki i starijih istraživanja, a aproksimacije se postižu jednadžbom koja opisuje odnos između duljine tijela pojedine jedinke trčka (x) i njene biomase (y) (SZYSZKO 1983), prema jednadžbi:

$$\ln y = - 8.50956394 + 2.5554621 * \ln x$$

$\ln y$ – procjena biomase (žive jedinke/jedinka)

x – duljina tijela

MIB se izračunava na način da se ukupna biomasa svih jedinki trčaka na istraživanom staništu podijeli s ukupnim brojem jedinki trčaka na istom staništu. Primjenom gore navedene jednadžbe dobiju se vrijednosti MIB-a u gramima. Dužina tijela trčaka preuzeta je iz MÜLLER-MOTZFELD (2006), pri čemu su korištene srednje geometrijske vrijednosti dužine tijela.

3.4.5. Indeks sklonosti prema šumskim staništima (FAI)

Indeks sklonosti prema šumskim staništima (engl. *forest affinity index* – FAI) indikatorska je metoda je kojom možemo izračunati kvalitetu područja uzrokovanja (ALLEGRO i SCIAKY 2002). Za izračun indeksa vrste trčaka podijeljene su s obzirom na odabir staništa, dakle na šumske vrste i vrste otvorenih staništa. S obzirom na različite preferencije prema staništu vrste su dodatno podijeljene prema vrijednostima u pet kategorija:

- +1.....vrste specijalisti šumskih staništa
- +0,5....vrste sklone šumskim staništima
- 0.....vrste generalisti
- 0,5.....vrste sklone otvorenim staništima
- 1.....vrste specijalisti otvorenih staništa

Indeks se izračunava prema sljedećoj jednadžbi:

$$FAI = \sum_{(i=1, n)} (p_i F_i)$$

Gdje je:

p_i - iznos frekvencije vrste

F_i - vrijednost vrste s obzirom na preferenciju prema staništa

Vrijednosti indeksa kreću se od -1 do +1, vrijednosti su više ukoliko je na području istraživanja uzrokovano više vrsta šumskih specijalista.

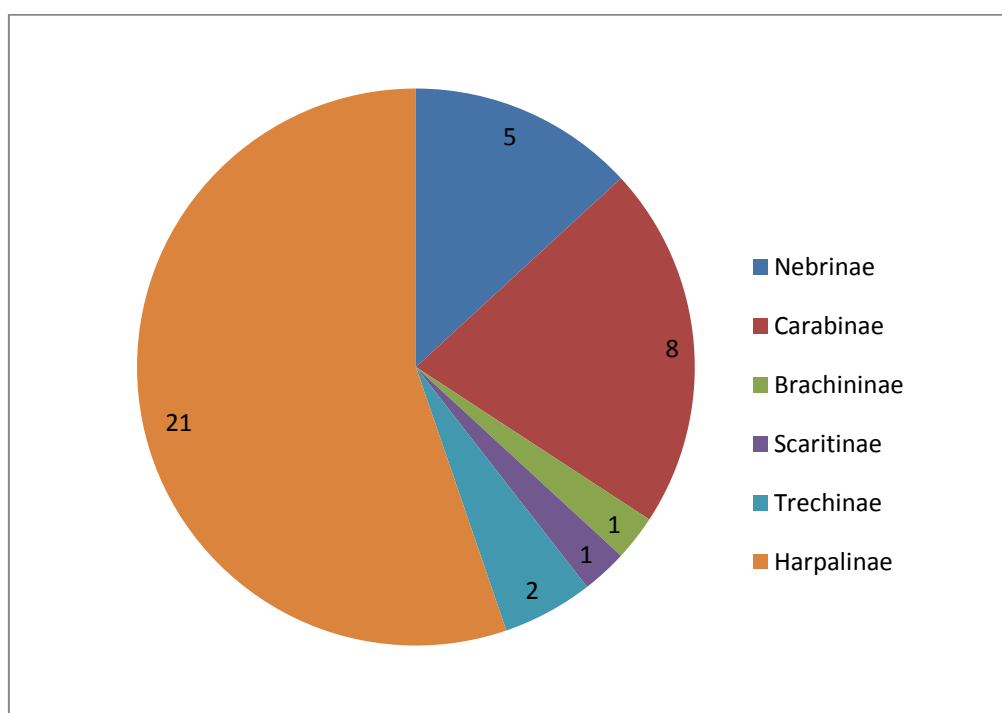
3.4.6. Analiza ugroženosti trčaka

Pojedina staništa na kojima trčci obitavaju većim su dijelom ugrožena, brojne vrste trčaka iz toga razloga uvrštene su na Crveni popis ugroženih svojti trčaka Republike Hrvatske (VUJČIĆ - KARLO i sur. 2007). Prema kriterijima koje postavlja IUCN (Međunarodna komisija za očuvanje prirode) postoji devet kategorija ugroženosti: EX - izumrle vrste, EW - vrste izumrle u prirodi, RE - regionalno izumrle vrste, CR - kritično ugrožene vrste, EN - ugrožene vrste, VU - rizične vrste, NT - niskorizične vrste, LC - najmanje zabrinjavajuće vrste, DD - nedovoljno poznate vrste i NE - vrste koje nisu ugrožene.

Popis vrsta sakupljenih u gospodarenoj šumi i prašumi uspoređen je s Crvenim popisom trčaka Republike Hrvatske (VUJČIĆ - KARLO i sur. 2007).

4. REZULTATI

Tijekom dvogodišnjeg istraživanja na svim postajama sakupljeno je 38 vrsta trčaka iz šest potporodica i 13 tribusa. Najveći broj vrsta pripada potporodici Harpalinae Bonelli, 1810 s 21 vrstom, a potom slijede potporodice Carabinae Latreille, 1802 s osam vrsta i Nebriinae Laporte, 1834 s pet vrsta (Slika 7, Tablica 1). Najbrojniji vrstama su tribusi Pterostichini Bonelli, 1810 sa 14 vrsta i Carabini Latreille, 1802 sa sedam vrsta. Ulovljene vrste pripadaju u 20 rodova od kojih je najbrojniji rod *Carabus* Linne, 1758 sa sedam vrsta, a potom slijedi rod *Pterostichus* Bonelli, 1810 s pet vrsta.



Slika 7. Broj vrsta trčaka unutar potporodica porodice trčci (Carabidae).

Tablica 1. Sistemska pripadnost vrsta/podvrsta trčaka sakupljenih metodom lovnih posuda u gospodarenoj šumi (Ravna Gora, Gorski kotar) i prašumi (Čorkova uvala, NP Plitvička jezera).

Porodica: Carabidae Latreille, 1802

Potporodica: Nebriinae Laporte, 1834

Tribus: Nebriini Laporte, 1834

Rod	Vrsta/podvrsta
1. <i>Leistus</i> Frölich, 1799	<i>Leistus (Leistus) nitidus</i> Duftschmid, 1812
2.	<i>Leistus (Leistus) piceus piceus</i> Frölich, 1799
3.	<i>Leistus (Pogonophorus) spinibarbis rufipes</i> Chaudoir, 1843
4. <i>Nebria</i> Latreille, 1802	<i>Nebria (Alpaeus) dahlii dahlii</i> Duftschmid, 1812

Tribus: Notiophilini Motschulsky, 1850

5. <i>Notiophilus</i> Duméril, 1806	<i>Notiophilus biguttatus</i> Fabricius, 1779
-------------------------------------	---

Potporodica: Carabinae Latreille, 1802

Tribus: Carabini Latreille, 1802

6. <i>Carabus</i> Linné, 1758	<i>Carabus (Megodontus) caelatus</i> Fabricius, 1801
7.	<i>Carabus (Eucarabus) catenulatus catenulatus</i> Scopoli, 1763
8.	<i>Carabus (Megodantus) croaticus croaticus</i> Dejean, 1826
9.	<i>Carabus (Megodantus) violaceus azureus</i> Dejean, 1826
10.	<i>Carabus (Platycarabus) creutzeri creutzeri</i> Fabricius, 1801
11.	<i>Carabus (Platycarabus) irregularis irregularis</i> Fabricius, 1792
12.	<i>Carabus (Procrustes) coriaceus excavatus</i> Charpentier, 1825

Tribus: Cychrini Laporte, 1834

13. <i>Cyhrus</i> Fabricius, 1794	<i>Cyhrus attenuatus attenuatus</i> Fabricius, 1792
-----------------------------------	---

Potporodica: Brachininae Bonelli, 1810

Tribus: Brachinini Bonelli, 1810

14. <i>Aptinus</i> Bonelli, 1810	<i>Aptinus bombardia</i> Illiger, 1800
----------------------------------	--

Potporodica: Scaritinae Bonelli, 1810

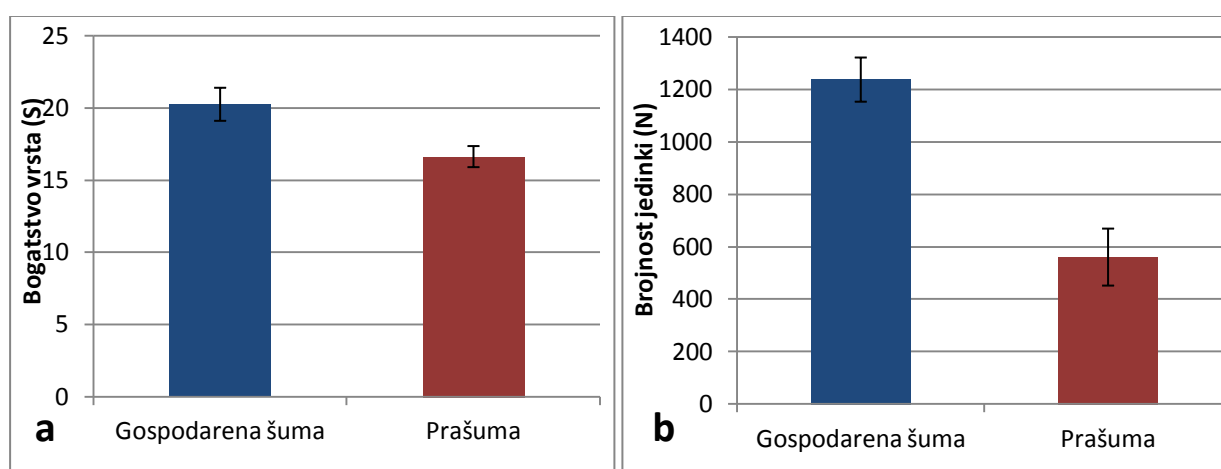
Tribus: Dyschriini W. Kolbe, 1880

15.	<i>Reicheiodes</i> Ganglbauer, 1891	<i>Reicheiodes (Reicheiodes) rotundipennis rotundipennis</i> Chaudoir, 1843
Potporodica: Trechinae Bonelli, 1810		
Tribus: Bembidiini Stephens, 1827		
Subtribus: Bembidiina Stephens, 1827		
16.	<i>Bembidion</i> Latreille, 1802	<i>Bembidion (Metallina) lampros</i> Herbst, 1784
Tribus: Trechini Bonelli, 1810		
17.	<i>Trechus</i> Clairville, 1806	<i>Trechus (Trechus) croaticus</i> Dejean, 1831
Potporodica: Harpalinae Bonelli, 1810		
Tribus: Harpalini Bonelli, 1810		
Subtribus: Harpalina Bonelli, 1810		
18.	<i>Harpalus</i> Latreille, 1802	<i>Harpalus (Pseudophonus) rufipes</i> DeGeer, 1774
19.	<i>Trichotichnus</i> A. Morawitz, 1863	<i>Trichotichnus (Trichotichnus) laevicollis laevicollis</i> Duftschmid, 1812
Tribus: Licinini Bonelli, 1810		
Subtribus: Licina Bonelli, 1810		
20.	<i>Licinus</i> Latreille, 1802	<i>Licinus (Neorescius) hoffmannseggii</i> Panzer, 1803
Tribus: Platynini Bonelli, 1810		
21.	<i>Playtinus</i> Bonelli, 1810	<i>Playtinus (Batenus) scrobiculatus scrobiculatus</i> Fabricius, 1801
Tribus: Pterostichini Bonelli, 1810		
22.	<i>Abax</i> Bonelli, 1810	<i>Abax (Abax) ovalis</i> Duftschmid, 1812
23.		<i>Abax (Abax) parallelepipedus parallelepipedus</i> Piller & Mitterpacher, 1783
24.	<i>Molops</i> Bonelli, 1810	<i>Molops (Molops) elatus elatus</i> Fabricius, 1801
25.		<i>Molops (Molops) ovipennis ovipennis</i> Chaudoir, 1847
26.		<i>Molops (Molops) piceus austriacus</i> Ganglbauer, 1889
27.		<i>Molops (Molops) striolatus</i> Fabricius, 1801
28.	<i>Poecilus</i> Bonelli, 1810	<i>Poecilus (Poecilus) versicolor</i> Sturm, 1824
29.	<i>Pterostichus</i> Bonelli, 1810	<i>Pterostichus (Bothriopterus) oblongopunctatus</i> <i>oblongopunctatus</i> Fabricius, 1787
30.		<i>Pterostichus (Cheropus) burmeisteri burmeisteri</i> Heer, 1838
31.		<i>Pterostichus (Oreophilus) variolatus carniolicus</i> Ganglbauer, 1891

32.		<i>Pterostichus (Parahaptoderus) brevis brevis</i> Duftschmid, 1812
33.		<i>Pterostichus (Pterostichus) fasciatopunctatus fasciatopunctatus</i> Creutzer, 1799
34.	<i>Stomis</i> Clairville, 1806	<i>Stomis (Stomis) pumicatus pumicatus</i> Panzer, 1796
35.		<i>Stomis (Stomis) rostratus rostratus</i> Duftschmid, 1812
<hr/>		
Tribus: Sphodini Laporte, 1834		
Subtribus: Synuchina Lindroth, 1956		
<hr/>		
36.	<i>Synuchus</i> Gyllenhal, 1810	<i>Synuchus (Synuchus) vivalis vivalis</i> Illiger, 1798
<hr/>		
Tribus: Zabرين Bonellii, 1810		
Subtribus: Amarina C. Zimmermann, 1831		
<hr/>		
37.	<i>Amara</i> Bonelli, 1810	<i>Amara (Amara) nitida</i> Sturm, 1825
38.		<i>Amara (Amara) ovata</i> Fabricius, 1792
<hr/>		

4.1. Bogatstvo vrsta, brojnost i raznolikost trčaka

Tijekom dvogodišnjeg istraživanja u gospodarenoj šumi i prašumi ukupno je zabilježeno 14 367 jedinki i 38 vrsta trčaka. U gospodarenoj šumi zabilježen je veći broj vrsta i jedinki trčaka nego u prašumi, ukupno 34 vrste i 9 891 jedinka. Nasuprot tome, u prašumi je zabilježeno 27 vrsta i 4 476 jedinki trčaka (Tablica 2). Bogatstvo vrsta je statistički značajno veće u gospodarenoj šumi nego u prašumi (Mann-Whitney U test, $U=8,50$, $p<0,05$) (Slika 8a). Mann-Whitney U test proveden je i za brojnost jedinki, te je brojnost jedinki također statistički značajno veća u gospodarenoj šumi nego li u prašumi ($U=3,50$, $p<0,01$) (Slika 8b).



Slika 8. a) Bogatstvo vrsta trčaka (srednja vrijednost \pm standardna greška) na istraživanim staništima; b) Brojnost jedinki trčaka na istraživanim staništima (srednja vrijednost \pm standardna greška).

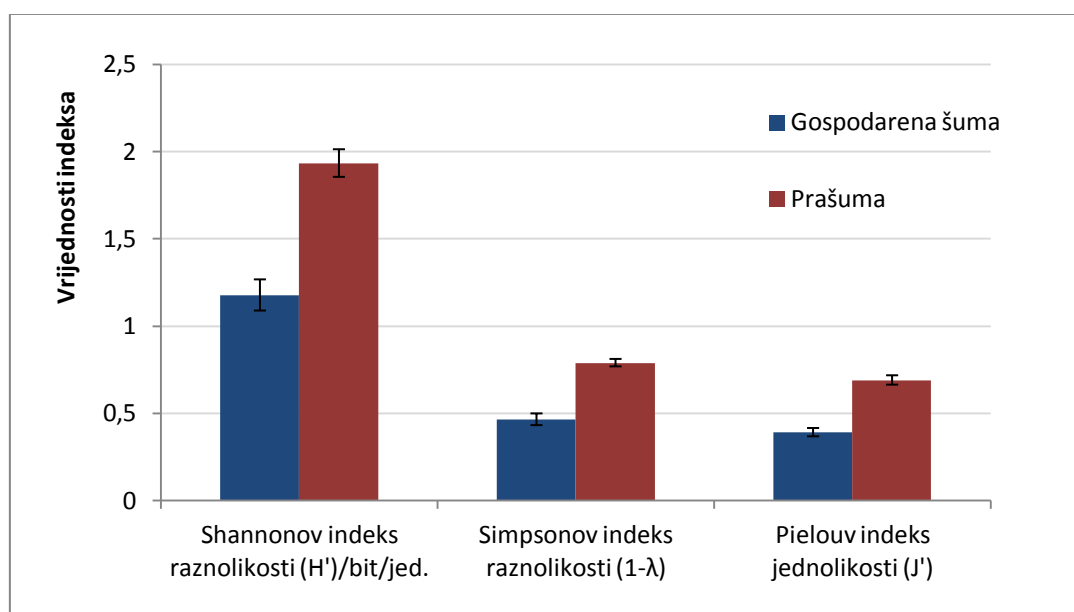
Tablica 2. Ukupna brojnost jedinki vrsta trčaka u gospodarenoj šumi i prašumi tijekom dvogodišnjeg istraživanja. S - broj vrsta, N - brojnost jedinki, % - udio u ukupnoj brojnosti.

VRSTA	GOSPODARENA ŠUMA		PRAŠUMA	
		%		%
<i>Abax ovalis</i>	674	6,81	779	17,4
<i>Abax parallelepipedus</i>	26	0,26		
<i>Amara communis</i>	1	0,01		
<i>Amara nitida</i>	2	0,02		
<i>Amara ovata</i>			15	0,34
<i>Aptinus bombardia</i>	369	3,73	2	0,04
<i>Bembidion lampros</i>	3	0,03		
<i>Carabus caelatus</i>	2	0,02	81	1,81

Tablica 2. Ukupna brojnost jedinki vrsta trčaka u gospodarenoj šumi i prašumi tijekom dvogodišnjeg istraživanja. S - broj vrsta, N - brojnost jedinki, % - udio u ukupnoj brojnosti (nastavak tablice s prethodne strane).

VRSTA	GOSPODARENA ŠUMA	%	PRAŠUMA	%
<i>Carabus catenulatus</i>	8	0,08		
<i>Carabus coriaceus</i>	1	0,01		
<i>Carabus creutzeri</i>			4	0,09
<i>Carabus croaticus</i>	72	0,73	113	2,25
<i>Carabus irregularis</i>	2	0,02		
<i>Carabus violaceus</i>	64	0,65	228	5,09
<i>Cychrus attenuatus</i>	304	3,07	156	3,49
<i>Harpalus rufipes</i>	1	0,01		
<i>Leistus nitidus</i>	34	0,34		
<i>Leistus piceus</i>	20	0,2	67	1,5
<i>Leistus spinibarbis</i>			4	0,09
<i>Licinus hoffmannseggii</i>	34	0,34	44	0,98
<i>Molops elatus</i>	43	0,43	4	0,09
<i>Molops ovipennis</i>	68	0,69	8	0,18
<i>Molops piceus</i>	72	0,73	41	0,92
<i>Molops striolatus</i>	69	0,7	147	3,28
<i>Nebria dahlii</i>	7055	71,33	1669	37,29
<i>Notiophilus biguttatus</i>	3	0,03		
<i>Platynus scrobiculatus</i>	170	1,72	2	0,04
<i>Poecilus versicolor</i>	1	0,01		
<i>Pterostichus brevis</i>	27	0,27	189	4,22
<i>Pterostichus burmeisteri</i>	716	7,24	868	19,39
<i>Pterostichus fasciatopunctatus</i>	5	0,05	2	0,04
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>			5	0,11
<i>Pterostichus variolatus</i>	10	0,1	7	0,16
<i>Reicheiodes rotundipennis</i>	9	0,09	2	0,04
<i>Stomis pumicatus</i>			1	0,02
<i>Stomis rostratus</i>	6	0,06	3	0,07
<i>Synuchus vivalis</i>	7	0,07		
<i>Trechus croaticus</i>	9	0,09	11	0,25
<i>Trichotichnus laevicollis</i>	4	0,04	24	0,54
Broj vrsta (S)	34		27	
Brojnost jedinki (N)	9891		4476	

Shannonov indeks (H') i Simpsonov indeks ($1-\lambda$) raznolikosti veći su u prašumi nego u gospodarenoj šumi (Slika 9). Vrijednosti Shannonovog indeksa raznolikosti kretale su se između 0,871 bit/jed. do 1,440 bit/jed. zabilježenih u gospodarenoj šumi, a vrijednosti istog indeksa kretale su se između 1,582 bit/jed. do 2,246 bit/jed. u prašumi. Mann Whitney U test je pokazao da je raznolikost značajno veća u prašumi nego u gospodarenoj šumi ($U=0,00$, $p<0,001$). Simpsonov indeks raznolikosti ($1-\lambda$) kretao se u rasponu od 0,322 do 0,576 u gospodarenoj šumi te od 0,695 do 0,868 u prašumi, a Mann-Whitney U test je potvrdio da se vrijednosti i statistički značajno razlikuju između gospodarene šume i prašume ($U=0,00$ $p<0,001$). Pielouov indeks jednolikosti (J') bio je viši u prašumi nego u gospodarenoj šumi (Slika 9), a kretao se u rasponu od 0,301 do 0,480 u gospodarenoj šumi, dok se u prašumi kretao između 0,598 do 0,810 te je Mann-Whitney U test pokazao da se jednolikost statistički razlikuje između prašume i gospodarene šume ($U=0,00$, $P<0,001$).



Slika 9. Indeksi raznolikosti i jednolikosti (srednja vrijednost \pm standardna greška).

4.2. Dominantnost

Najbrojnija vrsta u gospodarenoj šumi i prašumi bila je *Nebria dahlia* s ukupno 8 724 ulovljenih jedinki. U gospodarenoj šumi bila je zastupljena sa 71,33%, a u prašumi s 37,29% (Tablica 3). Zajedno s dvije ostale dominantne vrste *Pterostichus burmeisteri* i *Abax ovalis* činila je 85,38% ukupnog ulova u gospodarenoj šumi. Uz ove tri vrste, vrsta *Carabus violaceus* bila je dominantna (5,09%) u prašumi, te zajedno ove četiri vrste čine 79,17% ukupnog ulova u prašumi.

Zanimljivo je istaknuti kako je brojnost dominantnih vrsta trčaka više ili manje ujednačena u prašumi, dok je u gospodarenoj šumi izražena dominantnost *Nebria dahlii*. Broj subdominantnih vrsta dvostruko je veći u prašumi (šest vrsta) nego u gospodarenoj šumi (tri vrste). Zanimljivo je primijetiti da upravo vrste roda *Carabus* tj. velike vrste trčaka pripadaju uglavnom u kategoriju dominantnih ili subdominantnih vrsta u prašumi. U gospodarenoj šumi zabilježeno je pet recendentnih vrsta i 19 subrecendentnih vrsta, dok su u prašumi zabilježene tri recendentne vrste i 14 subrecendentnih vrsta.

Tablica 3. Dominantnost vrsta trčaka (%) u gospodarenoj šumi (Ravna Gora, Gorski kotar) i prašumi (Čorkova uvala, NP Plitvička jezera) tijekom dvogodišnjeg istraživanja.

GOSPODARENA ŠUMA		PRAŠUMA	
Vrsta	%	Vrsta	%
Dominantne vrste			
<i>Nebria dahlii</i>	71,33	<i>Nebria dahlii</i>	37,29
<i>Pterostichus burmeisteri</i>	7,24	<i>Pterostichus burmeisteri</i>	19,39
<i>Abax ovalis</i>	6,81	<i>Abax ovalis</i>	17,40
		<i>Carabus violaceus</i>	5,09
Subdominantne vrste			
<i>Aptinus bombardia</i>	3,73	<i>Pterostichus brevis</i>	4,22
<i>Cychrus attenuatus</i>	3,07	<i>Cychrus attenuatus</i>	3,49
<i>Platynus scrobiculatus</i>	1,72	<i>Molops striolatus</i>	3,28
		<i>Carabus croaticus</i>	2,52
		<i>Carabus caelatus</i>	1,81
		<i>Leistus piceus</i>	1,50
Recendentne vrste			
<i>Carabus croaticus</i>	0,73	<i>Licinus hoffmannseggii</i>	0,98
<i>Molops piceus</i>	0,73	<i>Molops piceus</i>	0,92
<i>Molops striolatus</i>	0,70	<i>Trichotichnus laevicollis</i>	0,59
<i>Molops ovipennis</i>	0,69		
<i>Carabus violaceus</i>	0,65		
Subrecendentne vrste			
<i>Molops elatus</i>	0,43	<i>Molops piceus</i>	0,47
<i>Leistus nitidus</i>	0,34	<i>Amara ovata</i>	0,32
<i>Licinus hoffmannseggii</i>	0,34	<i>Trechus croaticus</i>	0,29
<i>Pterostichus brevis</i>	0,27	<i>Pterostichus variolatus</i>	0,20
<i>Leistus piceus</i>	0,20	<i>Molops ovipennis</i>	0,15
<i>Pterostichus variolatus</i>	0,10	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	0,15
<i>Reicheiodes rotundipennis</i>	0,09	<i>Leistus spinibarbis</i>	0,12
<i>Trechus croaticus</i>	0,09	<i>Stomis rostratus</i>	0,09
<i>Carabus catenulatus</i>	0,08	<i>Carabus creutzeri</i>	0,09

Tablica 3. Dominantnost vrsta trčaka (%) u gospodarenoj šumi (Ravna Gora, Gorski kotar) i prašumi (Čorkova uvala, NP Plitvička jezera) tijekom dvogodišnjeg istraživanja (*nastavak tablice s prethodne stranice*).

GOSPODARENA ŠUMA		PRAŠUMA	
Vrsta	%	Vrsta	%
Subrecendentne vrste			
<i>Synuchus vivalis</i>	0,07	<i>Molops elatus</i>	0,09
<i>Stomis rostratus</i>	0,06	<i>Reicheiodelis rotundipennis</i>	0,04
<i>Pterostichus fasciatopunctatus</i>	0,05	<i>Pterostichus fasciatopunctatus</i>	0,04
<i>Trichotichnus laevicollis</i>	0,04	<i>Aptinus bombardia</i>	0,04
<i>Bembidion lampros</i>	0,03	<i>Platynus scrobiculatus</i>	0,04
<i>Notiophilus biguttatus</i>	0,03		
<i>Amara nitida</i>	0,02		
<i>Carabus caelatus</i>	0,02		
<i>Amara communis</i>	0,01		
<i>Poecilus versicolor</i>	0,01		

4.3. Konstantnost

U gospodarenoj šumi zabilježeno je 12 eukonstantnih vrsta, a u prašumi 11 vrsta. Konstantne vrste su brojnije u gospodarenoj šumi (pet vrsta) dok je u prašumi samo jedna vrsta konstantna. Možemo primijetiti da se vrsta *Carabus caelatus* u prašumi javlja kao eukonstantna vrsta sa vrijednošću 100%, dok u gospodarenoj šumi spada u akcidentalne vrste sa samo 3%. Zanimljivo je također da je vrsta *Aptinus bombardia* u gospodarenoj šumi zabilježena kao eukonstantna vrsta s visokih 100%, a u prašumi se javlja kao akcidentalna vrsta sa svega 10%. Broj akcidentalnih vrsta je gotovo jednak u obje šumske sastojine, te u gospodarenoj šumi ima 13 vrsta, a u prašumi 12 vrsta. Akcesornih vrste su malobrojne u obje šumske sastojine (četiri vrste u gospodarenoj šumi, a tri u prašumi).

Tablica 4. Konstantnost vrsta trčaka (%) u gospodarenoj šumi (Ravna Gora, Gorski kotar) i prašumi (Čorkova uvala, NP Plitvička jezera) tijekom dvogodišnjeg istraživanja.

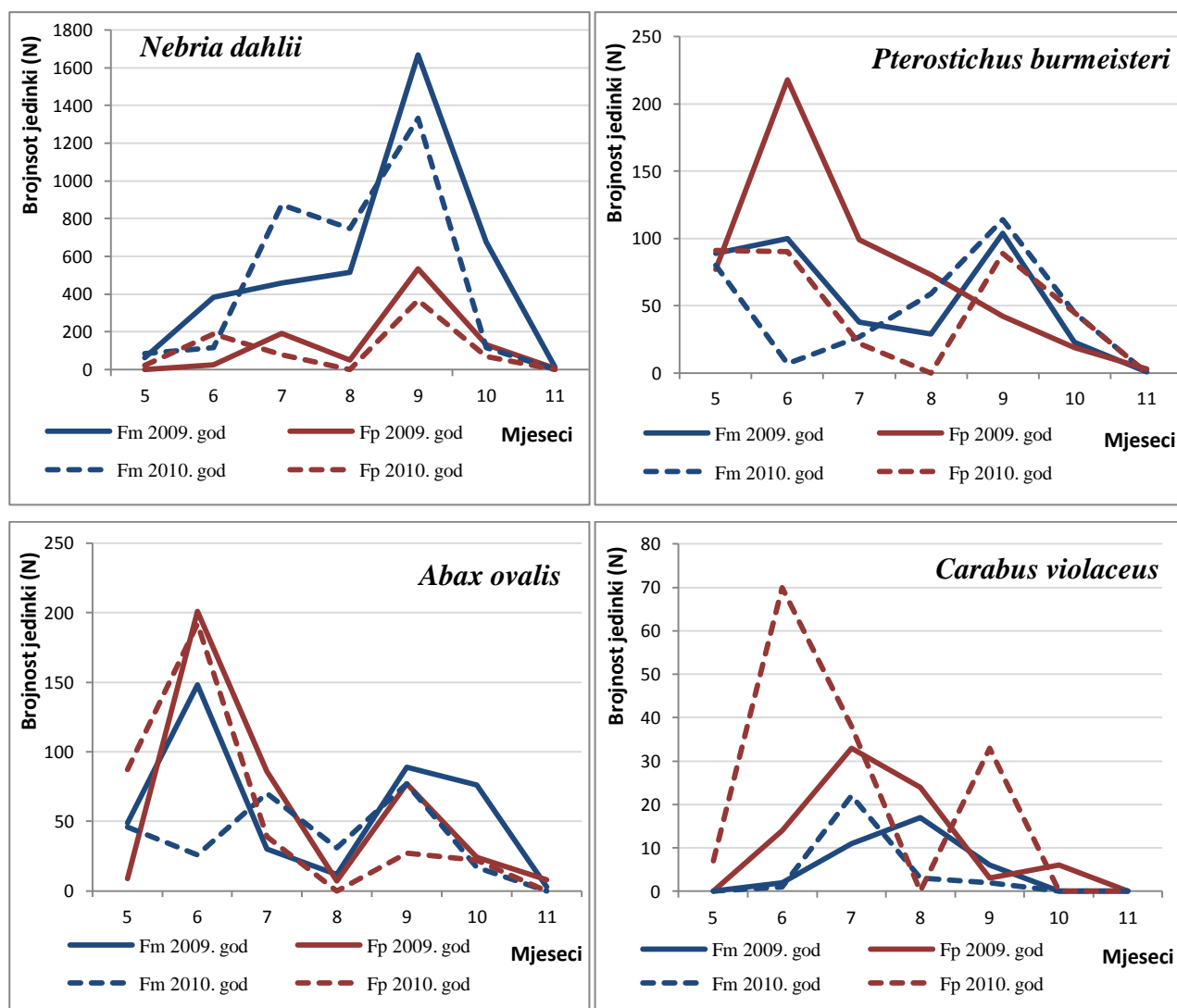
GOSPODARENA ŠUMA		PRAŠUMA	
Vrsta	%	Vrsta	%
Eukonstantne vrste			
<i>Abax ovalis</i>	100	<i>Abax ovalis</i>	100
<i>Aptinus bombarda</i>	100	<i>Carabus caelatus</i>	100
<i>Carabus croaticus</i>	100	<i>Carabus violaceus</i>	100
<i>Cychrus attenuatus</i>	100	<i>Nebria dahlii</i>	100
<i>Nebria dahlii</i>	100	<i>Pterostichus brevis</i>	100
<i>Pterostichus burmeisteri</i>	100	<i>Pterostichus burmeisteri</i>	100
<i>Platynus scrobiculatus</i>	95	<i>Carabus croaticus</i>	95
<i>Carabus violaceus</i>	90	<i>Cychrus attenuatus</i>	90
<i>Licinus hoffmannseggii</i>	90	<i>Molops striolatus</i>	85
<i>Molops piceus</i>	90	<i>Licinus hoffmannseggii</i>	75
<i>Molops striolatus</i>	85	<i>Molops piceus</i>	75
<i>Molops elatus</i>	80		
Konstantne vrste			
<i>Leistus nitidus</i>	70	<i>Trichotichnus laevicollis</i>	50
<i>Abax parallelepipedus</i>	65		
<i>Molops ovipennis</i>	65		
<i>Leistus piceus</i>	60		
<i>Pterostichus brevis</i>	50		
Akcesorne vrste			
<i>Pterostichus variolatus</i>	40	<i>Leistus piceus</i>	40
<i>Trechus croaticus</i>	40	<i>Amara ovata</i>	30
<i>Carabus catenulatus</i>	35	<i>Pterostichus variolatus</i>	30
<i>Reicheiodes rotundipennis</i>	30		
Akcidentalne vrste			
<i>Pterostichus fasciatopunctatus</i>	20	<i>Molops elatus</i>	20
<i>Stomis rostratus</i>	20	<i>Molops ovipennis</i>	20
<i>Notiophilus biguttatus</i>	15	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	20
<i>Synuchus vivalis</i>	15	<i>Trechus croaticus</i>	20
<i>Trichotichnus laevicollis</i>	15	<i>Carabus creutzeri</i>	15

Tablica 4. Konstantnost vrsta trčaka (%) u gospodarenoj šumi (Ravna Gora, Gorski kotar) i prašumi (Čorkova uvala, NP Plitvička jezera) tijekom dvogodišnjeg istraživanja (*nastavak tablice s prethodne stranice*).

GOSPODARENA ŠUMA		PRAŠUMA	
Vrsta	%	Vrsta	%
Akcidentalne vrste			
<i>Carabus irregularis</i>	10	<i>Leistus spinibarbis</i>	15
<i>Amara communis</i>	5	<i>Stomis rostratus</i>	15
<i>Amara nitida</i>	5	<i>Aptinus bombardia</i>	10
<i>Bembidion lampros</i>	5	<i>Platynus scrobiculatus</i>	5
<i>Carabus caelatus</i>	5	<i>Pterostichus fasciatopunctatus</i>	5
<i>Carabus coriaceus</i>	5	<i>Reicheiodes rotundipennis</i>	5
<i>Harpalus rufipes</i>	5	<i>Stomis pumicatus</i>	5
<i>Poecilus versicolor</i>	5		

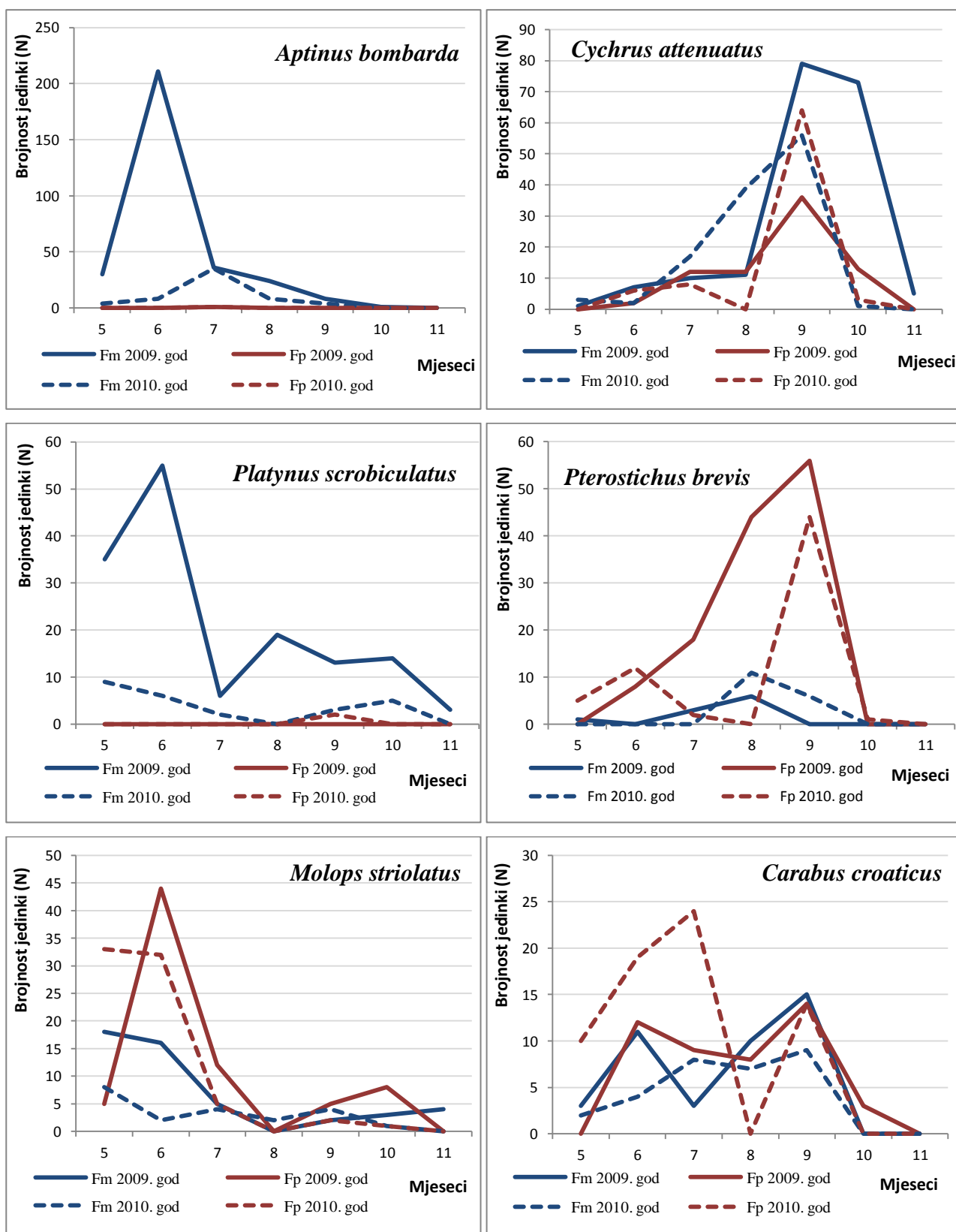
4.4. Sezonska dinamika dominantnih i subdominantnih vrsta trčaka

Sezonska dinamika praćena je kroz dvije godine u gospodarenoj šumi i prašumi kod dominantnih i subdominantnih vrsta. Vrsta *Nebria dahlii* najaktivnija je u jesen, te u istraživanim šumama ima maksimum aktivnosti u mjesecu rujnu (Slika 10). Vrsta *Abax ovalis* ima dva maksimuma sezonske aktivnosti, jedan veći u proljeće, te drugi manji u jesen. Dva maksimuma aktivnosti, proljetni i jesenski, imaju i vrste *Pterostichus burmeisteri* i *Carabus violaceus*.

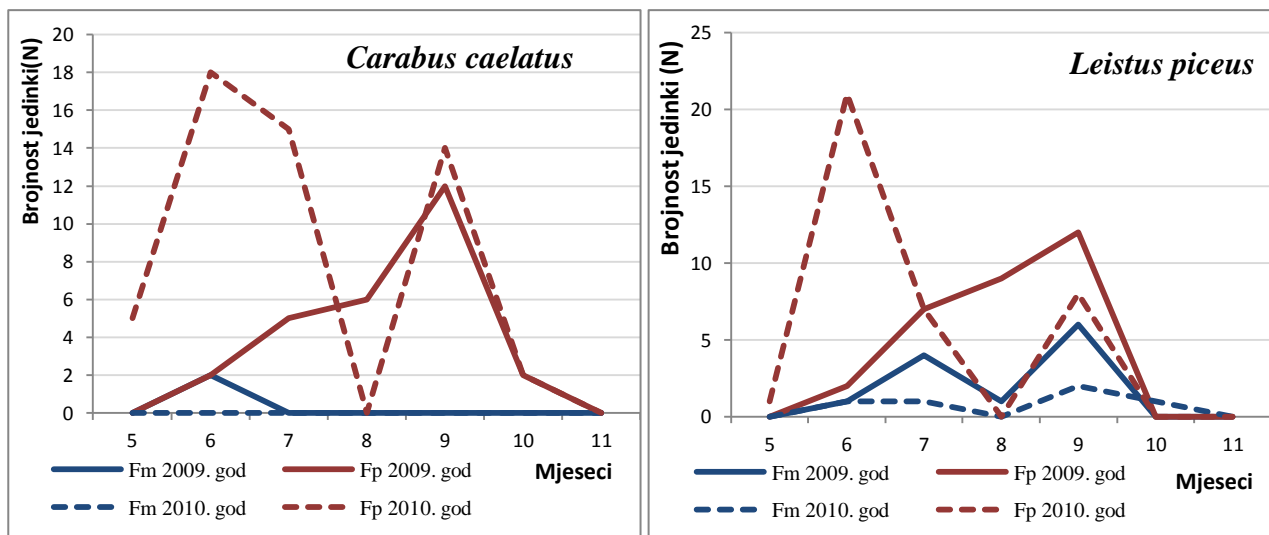


Slika 10. Sezonska dinamika dominantnih vrsta trčaka u prašumi Čorkova uvala (NP Plitvička jezera) i gospodarenoj šumi (Gorski kotar) tijekom dvogodišnjeg istraživanja. Legenda: Fm - gospodarena šuma, Fp - prašuma.

Sezonska dinamika subdominantnih vrsta *Aptinus bombardus*, *Cychrus attenuatus*, *Pterostichus brevis*, *Molops striolatus*, *Carabus croaticus* i *Leistus piceus* slična je u oba tipa staništa. Vrsta *A. bombardus* maksimum aktivnosti pokazuje u proljeće u gospodarenoj šumi, dok su u prašumi zabilježene svega dvije jedinke te nije moguće pratiti sezonsku dinamiku (Slika 11). Vrste *C. attenuatus* i *P. brevis*, imaju maksimum aktivnosti u jesen. Vrste *Platynus scrobiculatus* i *M. striolatus* aktivnije su u proljeće, a dvije velike vrste *C. croaticus* i *C. caelatus* svoj maksimum aktivnosti pokazuju u proljeće i u jesen, iako *C. caelatus* taj trend pokazuje samo u prašumi, dok se u gospodarenoj šumi gotovo i ne pojavljuje. Vrsta *L. piceus* također ima dvije vršne vrijednosti aktivnosti, jednu u proljeće i drugu izraženiju u jesen.



Slika 11. Sezonska dinamika subdominantnih vrsta trčaka u prašumi Čorkova uvala (NP Plitvička jezera) i gospodarenoj šumi (Gorski kotar) tijekom dvogodišnjeg istraživanja. Legenda: Fm - gospodarena šuma, Fp - prašuma.



Slika 11. Sezonska dinamika subdominantnih vrsta trčaka u prašumi Čorkova uvala (NP Plitvička jezera) i gospodarenoj šumi (Gorski kotar) tijekom dvogodišnjeg istraživanja. Legenda: Fm - gospodarena šuma, Fp – prašuma (nastavak slike s prethodne stranice).

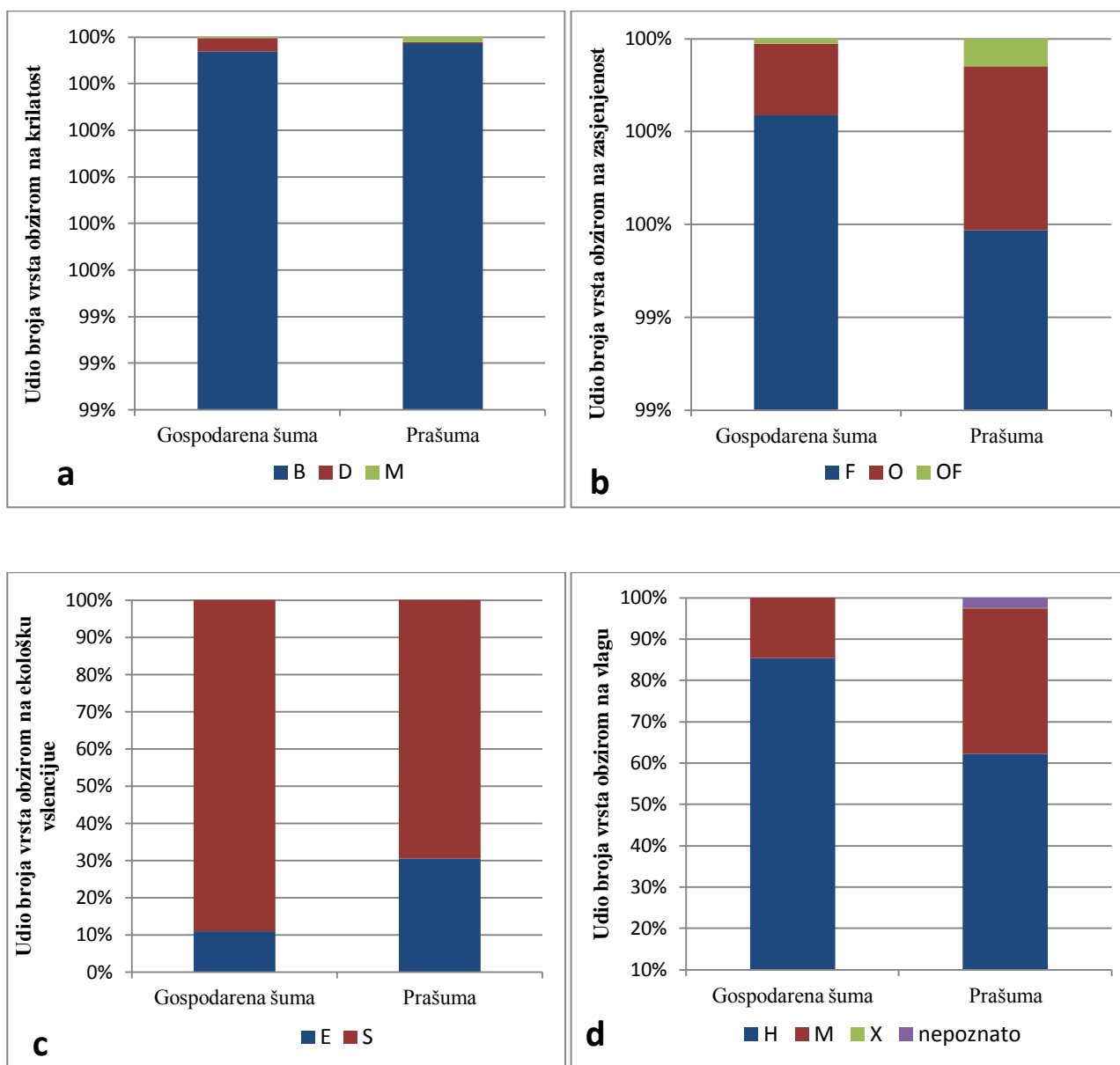
4.5. Analiza ekoloških i morfoloških značajki vrsta trčaka

S obzirom na morfologiju krila udio brahiopternih jedinki izuzetno je visok u obje šumske sastojine (gospodarena šuma 99,7%, prašuma 98,9%) (Slika 12a). Iz iste slike vidljivo je kako je udio makropternih i dimorfnih jedinki u oba šumska sustava vrlo mali.

U oba tipa staništa prevladavaju šumske vrste trčaka. Ukupni udio šumskih vrsta trčaka veći je u gospodarenoj šumi i iznosi 98,79%, dok je prašumi taj udio iznosi 94,08% (Slika 12b). Vrste otvorenih staništa zastupljenije su u prašumi, kao i indiferentne vrste, ali s izuzetno malim udjelom.

S obzirom na ekološku valenciju, i u prašumi i u gospodarenoj šumi, prevladavaju stenovalentne vrste, iako je taj udio ipak izraženiji u gospodarenoj šumi s 89,11%, a u prašumi on iznosi 69,42%. U skladu s time primjećujemo da je udio eurivalentnih vrsta veći u prašumi (Slika 12c).

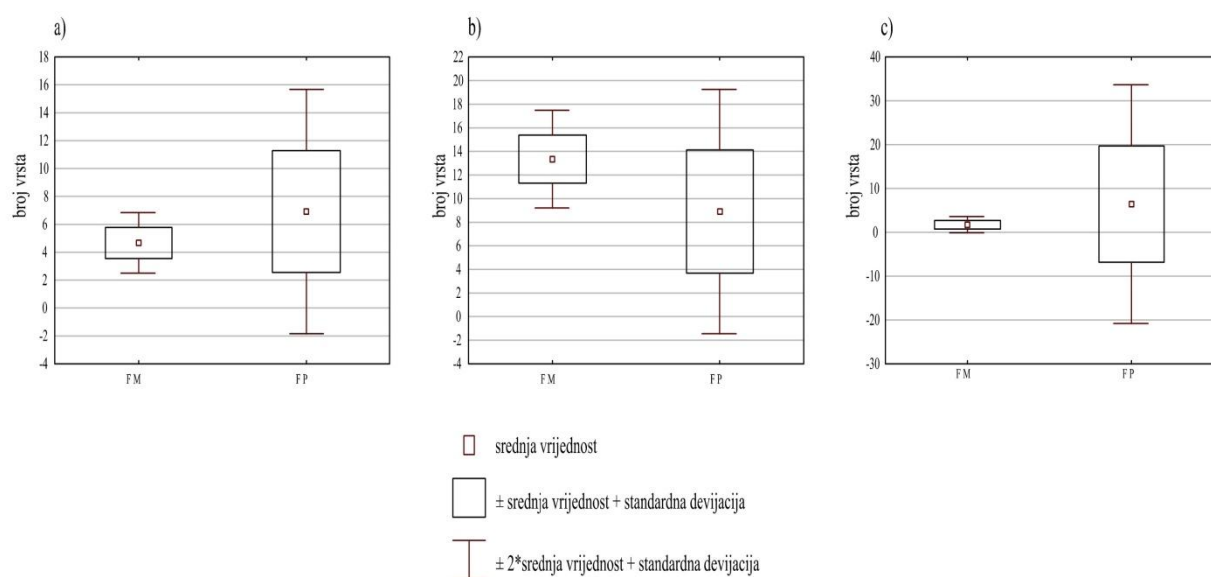
S obzirom na preferencije prema vlazi u tlu u ukupnom udjelu jedinki u oba tipa šume dominiraju higrofilne vrste (gospodarena šuma - 85,37%; prašuma - 62,23%), a potom slijede mezofilne vrste (gospodarena šuma - 14,61%; prašuma - 35,21%), dok je udio kserofilnih vrsta neznatan te u prašumi iznosi 2,49%, u gospodarenoj šumi svega 0,10%. Kategorija nepoznato ponajprije se odnosi na vrstu *Carabus caelatus* za koju nema podataka o preferencijama prema vlazi u tlu (Slika 12d).



Slika 12. a) Udio broja vrsta trčaka s obzirom na različit stupanj razvijenosti stražnjeg para krila. Legenda: B - brahipterne vrste, M - makropterne vrste, D - dimorfne vrste. b) Udio broja vrsta trčaka s obzirom na zasjenjenost staništa. Legenda: F - šumske vrste (preferiraju zasjenjena staništa), O - vrste koje preferiraju otvorena staništa, OF - vrste indiferentne na zasjenjenost. c) Udio broja vrsta trčaka s obzirom na ekološku valenciju. Legenda: E - eurivalentne vrste, S - stenovalentne vrste. d) Udio broja vrsta trčaka obzirom na afinitet prema vlazi u tlu. Legenda: H - higrofilne vrste, M - mezofilne vrste, X - kseroofilne vrste.

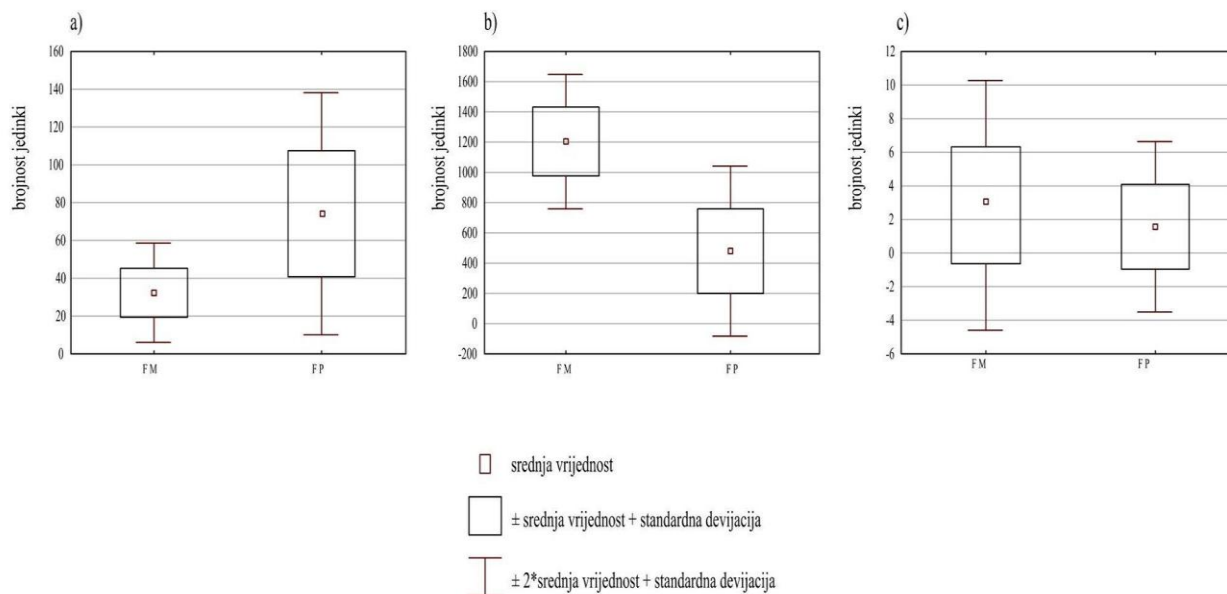
S obzirom na broj vrsta tijekom dvogodišnjeg istraživanja primjećujemo da se u prašumi pojavljuje veći broj velikih vrsta trčaka (veličinske kategorije >15,2 mm), nego li je to slučaj u gospodarenoj šumi (Slika 13a). Srednje velike vrste (veličinske kategorije: 9,5 - 15,2 mm) brojnije

su u gospodarenoj šumi (Slika 13b), dok je broj malih vrsta trčaka (veličinske kategorije: 3,5 - 9,5 mm) nizak u oba tipa šumskih staništa (Slika 13c). Gledajući sve tri veličinske kategorije primjećujemo da u prašumi i u gospodarenoj šumi prevladavaju srednje velike vrste trčaka (veličinske kategorije: 9,5 - 15,2mm) (Slika 13b). Mann-Whitney U test je pokazao da se bogatstvo vrsta trčaka ovisno o veličinskim kategorijama ne razlikuje između gospodarene šume i prašume (veličinska kategorija L: $U=23,00$, $p>0.05$; M: $U=13,00$, $p>0.05$; S: $U=30,50$, $p>0.05$).



Slika 13. Broj vrsta trčaka s obzirom na veličinske kategorije; a) Velike vrste trčaka (> 15,2 mm), – b) Srednje velike vrste trčaka (9,5 - 15,2 mm), c) Male vrste trčaka (3,5 - 9,5 mm) u gospodarenoj šumi (Ravna Gora, Gorski kotar) i prašumi (Čorkova uvala, NP Plitvička jezera) tijekom dvogodišnjeg istraživanja. Legenda: FM - gospodarena šuma; FP - prašuma.

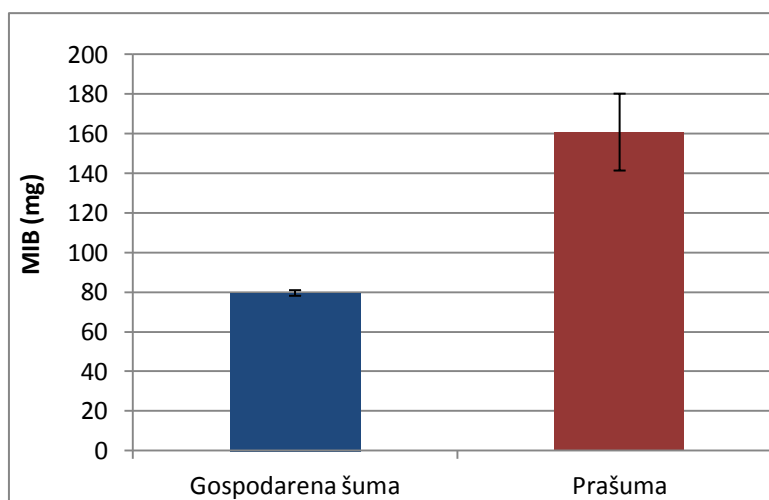
S obzirom na brojnost jedinki prema veličinskim kategorijama primjećujemo da je najveći broj jedinki srednje velikih vrsta prisutan u gospodarenoj šumi, a isti trend primjećujemo i u prašumi sa ipak nešto manjim brojem jedinki (Slika 14b). Broj jedinki velikih vrsta veći je u prašumi (Slika 14a), dok je broj jedinki malih vrsta trčaka nizak u oba tipa istraživanih šuma (Slika 14c). Mann-Whitney U test je pokazao da se brojnost jedinki vrsta trčaka ovisno o veličinskim kategorijama razlikuje između gospodarene šume i prašume za velike vrste (veličinska kategorija L: $U=7,00$, $p<0,01$) i srednje velike ($U=1,00$, $p<0,01$), a nema razlika za male vrste ($U=22,50$, $p>0.05$).



Slika 14. Brojnost jedinki trčaka s obzirom na veličinske kategorije; a) Velike vrste trčaka ($>15,2$ mm); b) Srednje velike vrste trčaka (9,5 - 15,2 mm); c) Male vrste trčaka (3,5 - 9,5 mm) u gospodarenoj šumi (Ravna gora, Gorski kotar) i prašumi (Čorkova uvala, NP Plitvička jezera) tijekom dvogodišnjeg istraživanja. Legenda: FM - gospodarena šuma; FP - prašuma.

4.6. Srednja individualna biomasa trčaka

Vrijednosti srednje individualne biomase (MIB-a) trčaka rastu sa starošću šume, tj. veće su u prašumi nego u gospodarenoj šumi. Srednja vrijednost MIB-a u prašumi iznosila je 160,93 mg, dok je u gospodarenoj iznosila 79,71 mg (Slika 15). Vrijednosti MIB-a u prašumi kretale su se u rasponu od 116,04 mg do 273,79 mg, a u gospodarenoj šumi od 74,39 mg do 85,64 mg (Tablica 5). Primijenjen je Mann-Whitney U test, a isti test je pokazao da su ove razlike statistički značajne ($U=0,00$, $p<0,01$).



Slika 15. Vrijednosti srednje individualne biomase (MIB) trčaka (mg) (srednje vrijednosti \pm standardna greška).

Tablica 5. Srednja dužina tijela (mm), procijenjena težina tijela (mg) i vrijednosti srednje individualne mase trčaka (mg) u gospodarenoj šumi i prašumi tijekom dvogodišnjeg istraživanja. Srednja dužina tijela trčaka izračunata je na temelju literaturnih podataka (2006). Težina tijela trčaka je procijenjena prema SZYSZKO (1983).

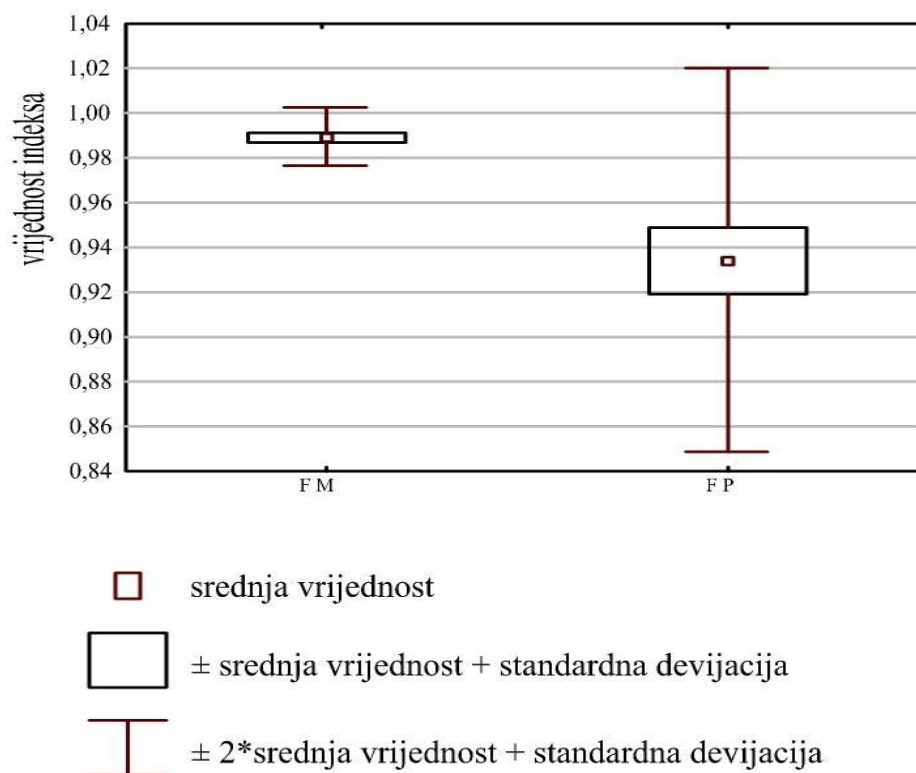
Ime vrste	Geometrijska sredina dužine tijela (mm)	Procijenjena težina tijela (mg)	Gospodarena šuma (mg)	Prašuma (mg)
<i>Abax ovalis</i>	12,85	12845,23	60903,40	54487,76
<i>Abax parallelepipedus</i>	18,33	18330,30	5828,99	0,00
<i>Amara communis</i>	6,93	6928,20	18,66	0,00
<i>Amara nitida</i>	7,94	7937,25	52,81	0,00
<i>Amara ovata</i>	8,66	8660,25	0,00	494,93
<i>Aptinus bombardia</i>	11,62	11618,95	25801,93	139,85
<i>Bembidion lampros</i>	3,33	3327,16	8,59	0,00
<i>Carabus caelatus</i>	37,88	37881,39	2866,06	116075,44
<i>Carabus catenulatus</i>	27,75	27748,87	5174,79	0,00
<i>Carabus coriaceus</i>	36,66	36660,61	1317,95	0,00
<i>Carabus creutzeri</i>	25,10	25099,80	0,00	2002,20
<i>Carabus croaticus</i>	28,53	28530,69	50000,18	78472,51
<i>Carabus irregularis</i>	25,10	25099,80	1001,10	0,00
<i>Carabus violaceus</i>	26,46	26457,51	36651,61	130571,35
<i>Cychrus attenuatus</i>	13,67	13674,79	32233,72	16540,99
<i>Harpalus rufipes</i>	13,27	13266,50	98,13	0,00
<i>Leistus nitidus</i>	7,35	7348,47	737,29	0,00
<i>Leistus piceus</i>	7,23	7228,42	415,82	1393,01

Tablica 5. Srednja dužina tijela (mm), procijenjena težina tijela (mg) i vrijednosti srednje individualne mase trčaka (mg) u gospodarenoj šumi i prašumi tijekom dvogodišnjeg istraživanja. Srednja dužina tijela trčaka izračunata je na temelju literaturnih podataka (2006). Težina tijela trčaka je procijenjena prema SZYSZKO (1983) (*nastavak tablice s prethodne stranice*).

Ime vrste	Geometrijska sredina dužine tijela (mm)	Procijenjena težina tijela (mg)	Gospodarena šuma (mg)	Prašuma (mg)
<i>Leistus spinibarbis</i>	8,95	8948,74	0,00	143,51
<i>Licinus hoffmannseggii</i>	11,62	11618,95	2377,41	76,65
<i>Molops elatus</i>	14,70	14696,94	5481,61	509,92
<i>Molops ovipennis</i>	11,96	11958,26	5117,78	602,09
<i>Molops piceus</i>	11,22	11224,97	4609,70	2624,97
<i>Molops striolatus</i>	17,75	17748,24	14244,78	30347,58
<i>Nebria dahliei</i>	11,22	11224,97	451686,85	106855,47
<i>Notiophilus biguttatus</i>	4,39	4387,48	17,41	0,00
<i>Platynus scrobiculatus</i>	9,95	9949,87	7997,68	94,09
<i>Poecilus versicolor</i>	9,59	9591,66	42,84	0,00
<i>Pterostichus brevis</i>	7,46	7457,21	607,89	4255,24
<i>Pterostichus burmeisteri</i>	13,19	13190,91	69241,46	83940,77
<i>Pterostichus fasciatopunctatus</i>	13,96	13964,24	559,31	223,72
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	10,39	10392,30	0,00	262,89
<i>Pterostichus variolatus</i>	17,89	17888,54	2106,42	1474,50
<i>Reicheiodes rotundipennis</i>	2,12	2121,32	8,16	1,81
<i>Stomis pumicatus</i>	7,35	7345,07	0,00	21,66
<i>Stomis rostratus</i>	7,71	7713,62	147,28	73,64
<i>Synuchus vivalis</i>	7,22	7224,96	145,36	0,00
<i>Trechus croaticus</i>	3,65	3646,92	32,57	39,81
<i>Trichotichnus laevicollis</i>	7,14	7141,43	80,63	483,79

4.7. Indeks sklonosti prema šumskim staništima

U obje šumske sastojine zabilježene su vrlo visoke vrijednosti indeksa sklonosti prema šumskim staništima, no iste su malo veće u gospodarenoj šumi u odnosu na prašumu (Slika 16). Vrijednosti indeksa sklonosti prema šumskim staništima se u gospodarenoj šumi kreću od 0,989 do 0,996, a u prašumi od 0,883 do 0,971 (Tablica 6). Prema Mann-Whitney U testu utvrđeno je da se razlike u vrijednostima indeksa sklonosti prema šumskim sastojinama statistički značajno razlikuju između istraživanih šumskih sastojina ($U=1,00$, $p<0.01$).



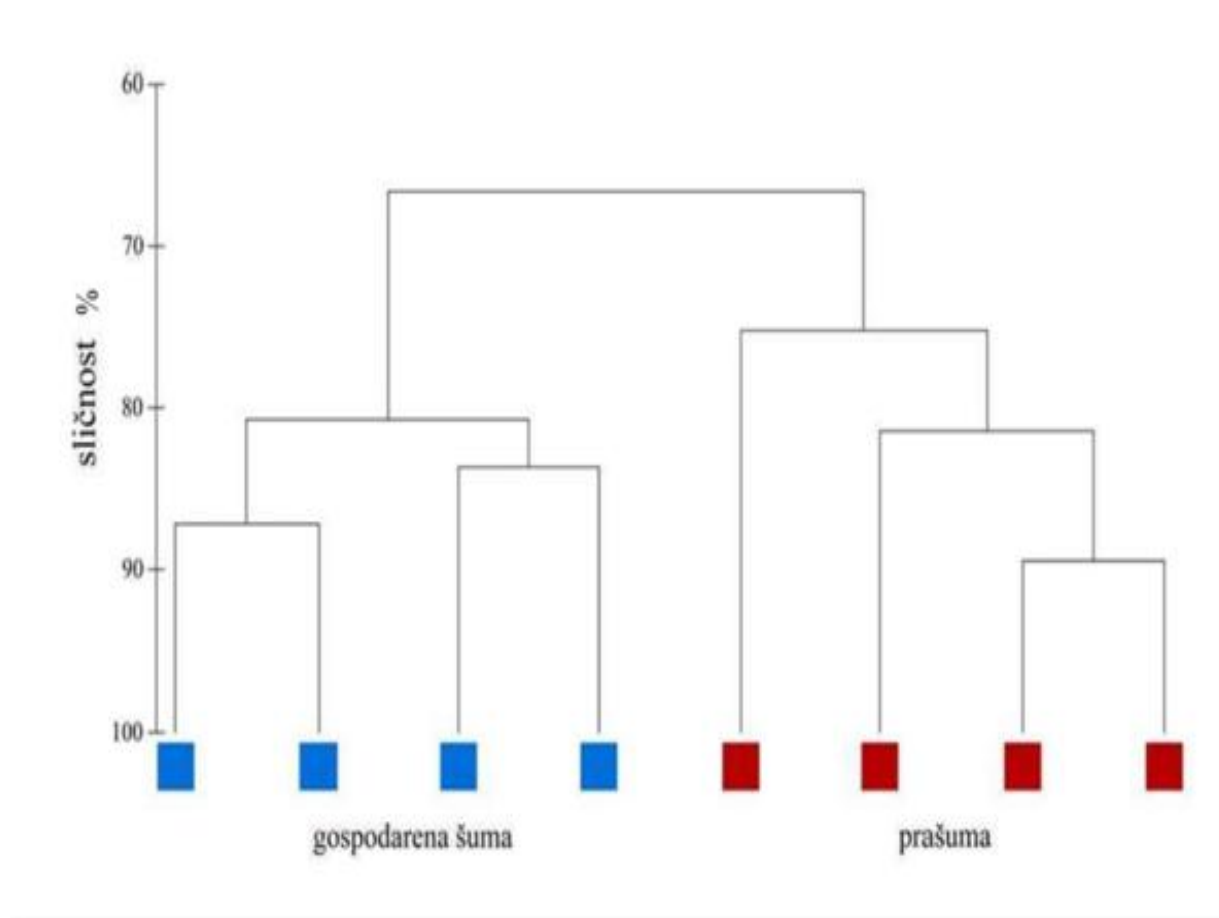
Slika 16. Vrijednosti indeksa sklonosti prema šumskim staništima tijekom dvogodišnjeg istraživanja u gospodarenoj šumi (Ravna gora, Gorski kotar) i prašumi (Čorkova uvala, NP Plitvička jezera). Legenda: FM - gospodarena šuma; FP - prašuma.

Tablica 6. Vrijednosti indeksa sklonosti prema šumskim staništima po postajama u gospodarenoj šumi (Ravna gora, Gorski kotar) i prašumi (Čorkova uvala, NP Plitvička jezera) tijekom dvogodišnjeg istraživanja.

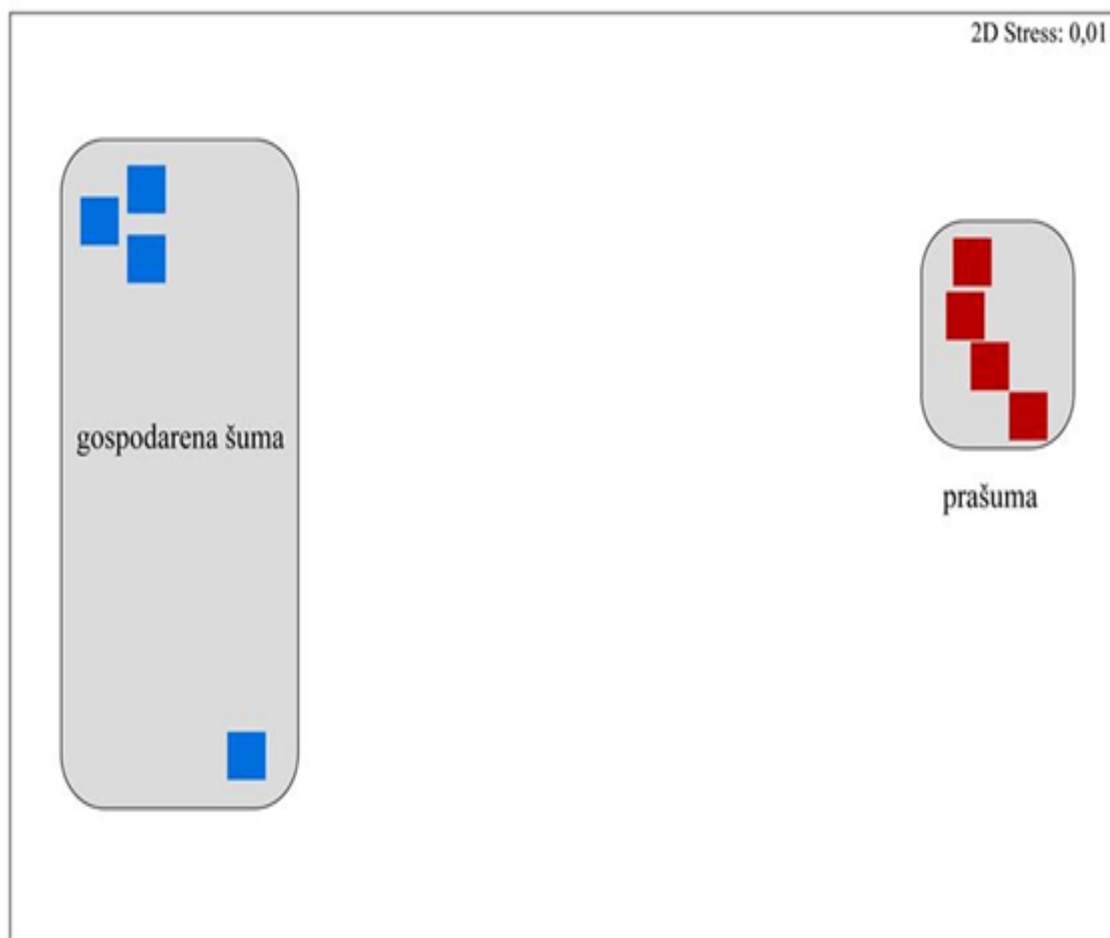
	2009. godina				2010. godina			
Gospodarena šuma	0,990	0,975	0,996	0,986	0,993	0,992	0,990	0,993
Prašuma	0,943	0,968	0,956	0,976	0,854	0,947	0,945	0,884

4.8. Sličnost zajednica trčaka prašume i gospodarene šume

Rezultati NMDS analize uz superimponirane rezultate klaster analize provedene pomoću Bray-Curtisovog indeksa sličnosti temelje se na transformiranim podacima brojnosti jedinki (četvrti korijen) (*group average linking*). Iz dendrograma je vidljivo da se gospodarena šuma i prašuma odvajaju na visokih 67% sličnosti (Slika 17). Postaje unutar gospodarene šume odvajaju se na 81% sličnosti te tvore zasebnu grupu, dok se postaje u prašumi odvajaju na 75% sličnosti i također tvore zasebnu grupu (Slika 18).



Slika 17. Dendrogram klaster analize temeljen na Bray-Curtisovom koeficijentu sličnosti (*group average linking*) izračunat prema $\sqrt[4]{}$ -transformiranim podacima brojnosti trčaka u gospodarenoj šumi i prašumi.



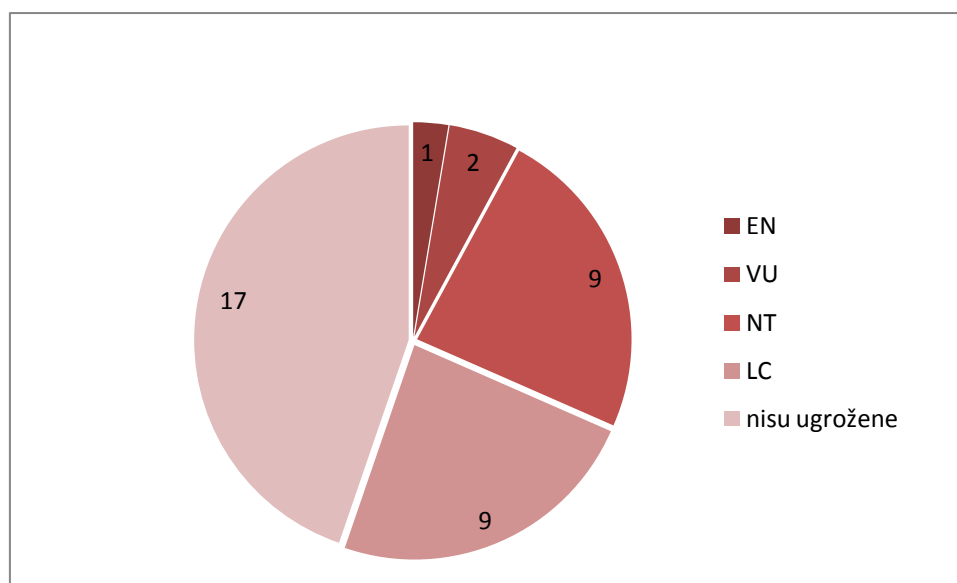
Slika 18. Prikaz rezultata nonmetričkog multidimenzionalnog skaliranja (NMDS) (\sqrt{V} -transformirani podaci) uz superimponirane rezultate klaster analize temeljene na Bray-Curtisovom koeficijentu sličnosti (*group average linking*) u gospodarenoj šumi i prašumi

4.9. Ugroženost

Vrste trčaka ulovljene u gospodarenoj šumi i prašumi uspoređene su s Crvenim popisom trčaka Hrvatske (VUJČIĆ - KARLO i sur. 2007) temeljenim na IUCN kategorijama. Analiza je pokazala da samo jedna vrsta *Pterostichus variolatus* spada u kategoriju ugroženih vrsta (EN), dvije vrste trčaka *Reicheiodes rotundipennis* i *Molops elatus* ulaze u kategoriju rizičnih vrsta (VU), a devet vrsta u kategoriju niskorizičnih vrsta (NT) (Tablica 7). Velik broj vrsta trčaka prikupljenih tijekom dvogodišnjeg istraživanja nije ugrožen (Slika 19).

Tablica 7. Ugroženost vrsta trčaka u gospodarenoj šumi (Ravna Gora, Gorski kotar) i prašumi (Čorkova uvala, NP Plitvička jezera) tijekom dvogodišnjeg istraživanja. Legenda: EN - ugrožene vrste; VU - rizične vrste; NT - niskorizične vrste; LC - najmanje zabrinjavajuće vrste.

Ugrožene vrste (EN)	Rizične vrste (VU)	Niskorizične vrste (NT)
<i>Pterostichus variolatus</i>	<i>Molops elatus</i>	<i>Amara nitida</i>
	<i>Reicheiodes rotundipennis</i>	<i>Carabus caelatus</i>
		<i>Carabus catenulatus</i>
		<i>Carabus croaticus</i>
		<i>Carabus irregularis</i>
		<i>Licinus hoffmannseggii</i>
		<i>Molops ovipennis</i>
		<i>Molops piceus</i>
		<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>

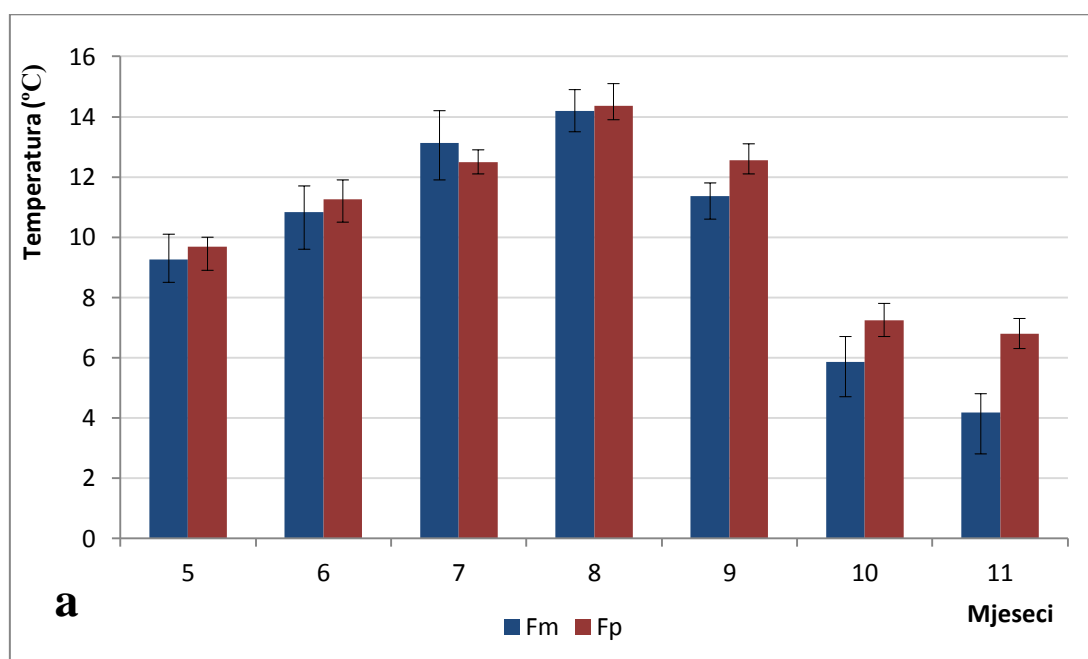


Slika 19. Ugrožene vrste trčaka u gospodarenoj šumi i prašumi prema Crvenom popisu ugroženih vrsta trčaka RH (VUJČIĆ - KARLO i sur. 2007) temeljenom na IUCN kategorizaciji ugroženosti. Legenda: EN - ugrožene vrste; VU - rizične vrste; NT - niskorizične vrste; LC - najmanje zabrinjavajuće vrste.

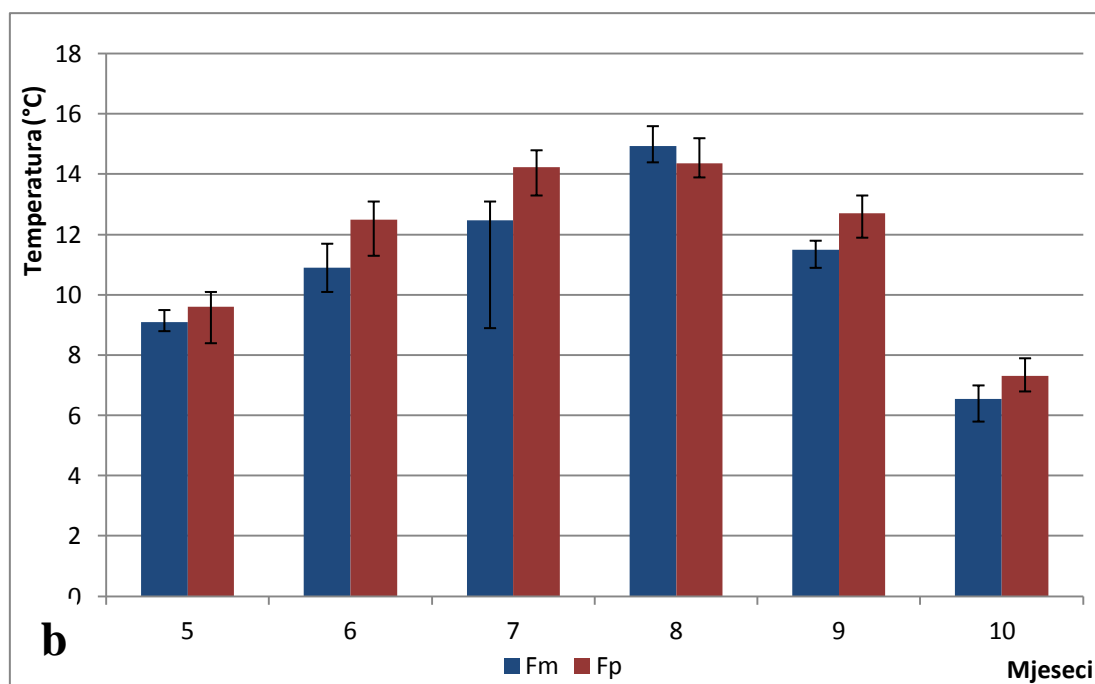
4.10. Analiza okolišnih čimbenika

4.10.1. Temperatura tla na 10 cm dubine

Tijekom dvogodišnjeg istraživanja temperatura tla na 10 cm dubine kretala se od minimalnih 2,8 °C u studenom 2009. godine (Tablica 8a) do maksimalnih 15,6 °C u kolovozu 2010. godine (Tablica 8b), a obje ove vrijednosti zabilježene su u gospodarenoj šumi. Tlo je u prosjeku tijekom cijelog istraživanja bilo toplije u prašumi, a do iznimaka dolazi samo u srpnju 2009. godine (Slika 20a) te u kolovozu 2010. godine (Slika 20b) kada je tlo bilo toplije u gospodarenoj šumi. Tijekom jeseni 2009. godine u gospodarenoj šumi zabilježene su najveće vrijednosti koeficijenta varijacije, naime u listopadu je iznosio 11,4%, a u studenom 14,2% (Tablica 8a). Koeficijent varijacije tijekom 2010. godine najveći je u srpnju i iznosi 9,2% u gospodarenoj šumi (Tablica 8b).



Slika 21. Srednje vrijednosti, minimumi i maksimumi temperature tla izmjerene na dubini od 10 cm na istraživanim staništima, a) tijekom 2009. godine; b) tijekom 2010 godine. Legenda: Fm - gospodarena šuma, Fp – prašuma.



Slika 21. Srednje vrijednosti, minimumi i maksimumi temperature tla izmjerene na dubini od 10 cm na istraživanim staništima, a) tijekom 2009. godine; b) tijekom 2010. godine. Legenda: Fm - gospodarena šuma, Fp – prašuma (nastavak slike s prethodne stranice).

Tablica 8. Zbirni podaci za temperaturu tla izmjerenu na 10 cm dubine (°C) na istraživanim staništima, a) tijekom 2009. godine, b) tijekom 2010. godine. Masno otisnute vrijednosti su minimumi i maksimumi rezultata opisne statistike.

a)

	Mjeseci						
	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni
Gospodarena šuma							
Minimum	8,5	9,6	11,9	13,5	10,6	4,7	2,8
Maksimum	10,1	11,7	14,2	14,9	11,8	6,7	4,8
Srednja vrijednost	9,3	10,8	13,1	14,2	11,4	5,9	4,2
Standardna devijacija	0,5	0,6	0,8	0,5	0,3	0,7	0,6
Standardna greška	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
Koeficijent varijacije (%)	5,8	5,9	5,9	3,8	2,9	11,4	14,2
Prašuma							
Minimum	8,9	10,5	12,1	13,9	12,1	6,7	6,3
Maksimum	10	11,9	12,9	15,1	13,1	7,8	7,3
Srednja vrijednost	9,7	11,3	12,5	14,4	12,6	7,2	6,8
Standardna devijacija	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3
Standardna greška	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Koeficijent varijacije (%)	2,9	4,8	2,4	2,6	2,7	5,3	4,9

Tablica 8. Zbirni podaci za temperaturu tla izmjerenu na 10 cm dubine (°C) na istraživanim staništima, a) tijekom 2009. godine, b) tijekom 2010. godine. Masno otisnute vrijednosti su minimumi i maksimumi rezultata opisne statistike (*nastavak tablice s prethodne stranice*).

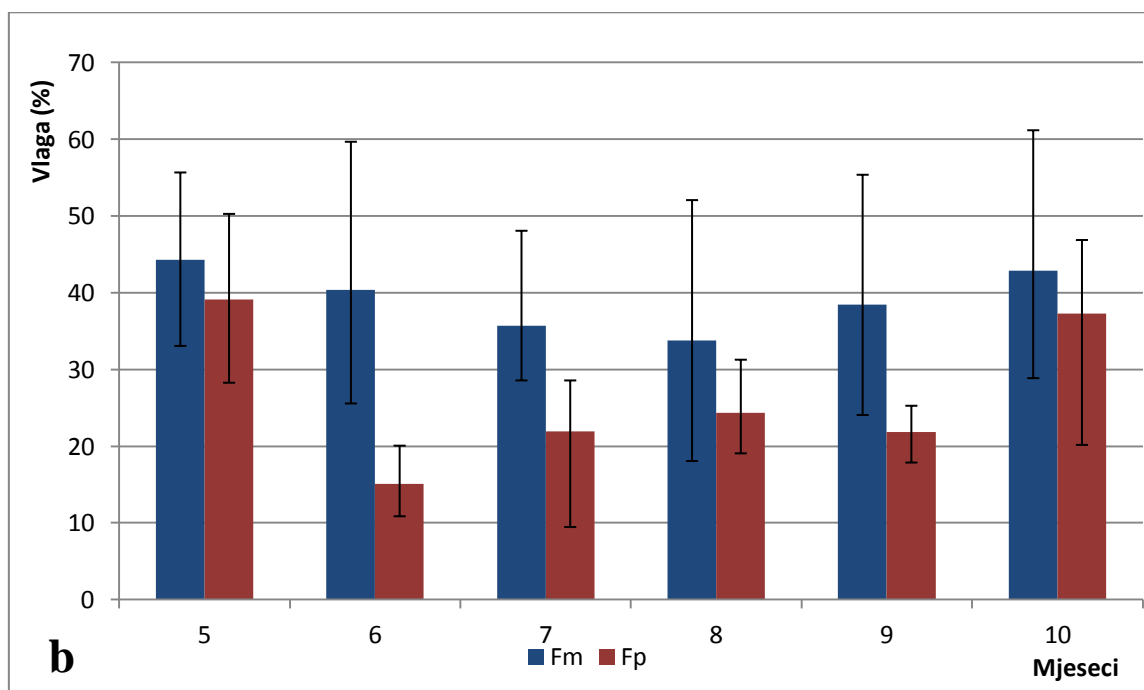
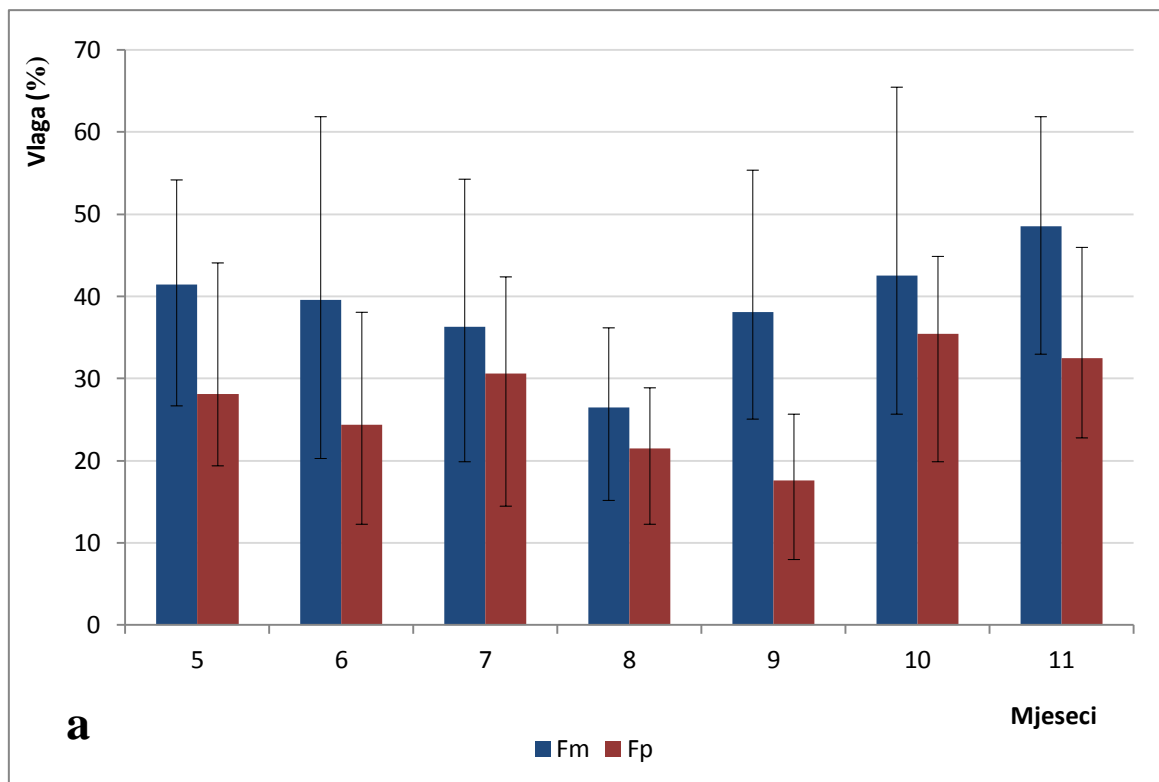
b)

Gospodarena šuma	Mjeseci					
	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad
Minimum	8,8	10,1	8,9	14,4	10,9	5,8
Maksimum	9,5	11,7	13,1	15,6	11,8	7
Srednja vrijednost	9,1	10,9	12,5	14,9	11,5	6,6
Standardna devijacija	0,2	0,6	1,1	0,4	0,3	0,4
Standardna greška	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1
Koeficijent varijacije (%)	2,6	5,1	9,2	2,7	2,8	6,7

Prašuma	Mjeseci					
	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad
Minimum	8,4	11,3	13,3	13,9	11,9	6,8
Maksimum	10,1	13,1	14,8	15,2	13,3	7,9
Srednja vrijednost	9,6	12,5	14,2	14,4	12,7	7,3
Standardna devijacija	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Standardna greška	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Koeficijent varijacije (%)	5,2	3,5	2,9	2,6	2,9	5,4

4.10.2. Vлага tla

Vlaga u tlu na dubini 15 cm tijekom dvogodišnjeg istraživanja kretala se u rasponu od 8% izmjerenih tijekom rujna u prašumi do 65,5% izmjerenih u gospodarenoj šumi u jesen (Tablica 9a). Vlaga je tijekom obje godine bila viša u gospodarenoj šumi, dok su najveće vrijednosti vlage u prašumi bile u srpnju, listopadu i studenom 2009. godine (Slika 21a), a tijekom 2010. godine u istoj šumskoj sastojini najveće vrijednosti vlage u tlu bile su u svibnju i listopadu (Slika 21b). Vrijednosti koeficijenta varijacije bile su najviše u prašumi tijekom lipnja (36,8%) 2009. godine (Tablica 9a), dok je koeficijent varijacije za 2010. godinu bio najviši u kolovozu u gospodarenoj šumi i iznosio je 30,4% (Tablica 9b).



Slika 21. Srednje vrijednosti, minimumi i maksimumi vlage tla izmjerene na dubini od 15 cm na istraživanim staništima, a) tijekom 2009. godine, b) tijekom 2010. godine. Legenda: Fm - gospodarena šuma, Fp - prašuma .

Tablica 9. Zbirni podaci za vlagu tla (%) izmjerenih na 15 cm dubine na istraživanim staništima, a) tijekom 2009. godine, b) tijekom 2010. godine. Masno otisnute vrijednosti su minimumi i maksimumi rezultata opisne statistike.

a)

Gospodarena šuma	Mjeseci						
	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studenj
Minimum	26,7	20,3	19,9	15,2	25,1	25,7	33
Maksimum	54,2	61,9	54,3	36,2	55,4	65,5	61,9
Srednja vrijednost	41,4	39,6	36,3	26,5	38,1	42,5	48,5
Standardna devijacija	7,7	11,4	10,3	6,3	9,8	10,8	9,0
Standardna greška	2,2	3,3	3,0	1,8	2,8	3,1	2,6
Koeficijent varijacije (%)	18,7	28,9	28,5	24,0	25,7	25,4	18,5

Prašuma	Mjeseci						
	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studenj
Minimum	19,4	12,3	14,5	12,3	8	19,9	22,8
Maksimum	44,1	38,1	42,4	28,9	25,7	44,9	46
Srednja vrijednost	28,1	24,4	30,6	21,5	17,6	35,5	32,5
Standardna devijacija	8,4	9,0	8,2	5,5	6,0	9,0	6,7
Standardna greška	2,4	2,6	2,4	1,6	1,7	2,6	1,9
Koeficijent varijacije (%)	29,8	36,8	26,8	25,8	34,1	25,4	20,7

b)

Gospodarena šuma	Mjeseci					
	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad
Minimum	33,1	25,6	28,6	18,1	24,1	28,9
Maksimum	55,7	59,7	48,1	52,1	55,4	61,2
Srednja vrijednost	44,3	40,3	35,7	33,7	38,4	42,9
Standardna devijacija	6,8	10,6	6,4	10,2	9,8	9,2
Standardna greška	2,0	3,1	1,8	3,0	2,8	2,7
Koeficijent varijacije (%)	15,3	26,3	17,9	30,4	25,4	21,4

Prašuma	Mjeseci					
	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad
Minimum	28,3	10,9	9,5	19,1	17,9	20,2
Maksimum	50,3	20,1	28,6	31,3	25,3	46,9
Srednja vrijednost	39,1	15,1	21,9	24,4	21,8	37,3
Standardna devijacija	6,7	3,1	4,8	4,0	2,3	7,9
Standardna greška	1,9	0,9	1,4	1,2	0,7	2,3
Koeficijent varijacije (%)	17,2	20,4	22,0	16,5	10,5	21,1

5. RASPRAVA

5.1. Sastav i struktura zajednice trčaka

Rezultati istraživanja pokazali su da je broj vrsta trčaka znatno veći u gospodarenoj bukovo-jelovoj šumi nego u prašumi što je moguće posljedica veće stanišne heterogenosti koja uključuje postojanje livada, lokalnih cesta i šumskih puteva u blizini gospodarene šume. Iako je udaljenost istraživanih postaja u gospodarenoj šumi bila dovoljna da se izbjegne pojava rubnog efekta (MURCIA 1995), u gospodarenoj šumi zabilježeno je pet vrsta otvorenih staništa, kao što su npr. vrste rodova *Amara* Bonelli, 1810 i *Harapalus* Latreille, 1802. Ove makropterene vrste, s velikim potencijalom disperzije imigrirale su iz okolnih livadnih staništa i doprinijele povećanju bogatstva vrsta i raznolikosti u gospodarenoj šumi. SKŁODOWSKI (2004) je u istraživanju u Białowieża prašumi u Poljskoj pokazao kako vrste otvorenih staništa mogu doprinijeti povećanju raznolikosti u velikim šumskim kompleksima. Slične rezultate pokazala su istraživanja kornjaša u Finskoj gdje su također istraživane razlike u bogatstvu vrsta između gospodarene šume i prašume (VASAINEN i sur. 1993) te istraživanja u Belgiji gdje je broj vrsta i raznolikost trčaka također bio veći u gospodarenim šumama nego u prirodnim listopadnim šumama (DESENDER i sur. 1999)

Brojnost jedinki trčaka također je bila znatno veća u gospodarenoj šumi nego li u prašumi. Velika razlika u broju jedinki prije svega je posljedica velike brojnosti vrste *Nebria dahlii*. Vrsta *N. dahlii* u gospodarenoj šumi broji 7 055 jedinki (71,33% ukupnog ulova u gospodarenoj šumi), a u prašumi 1 669 jedinki (37,29% ukupnog ulova u prašumi). Zanimljivo je primijetiti da kada bi vrstu *N. dahlii* isključili iz analize, broj jedinki trčaka između gospodarene šume i prašume razlikovao bi se za samo 29 jedinki. Mogući razlog zbog kojeg se vrsta *N. dahlii* sa znatno većim brojem jedinki javlja u gospodarenoj šumi je taj što je ova vrsta šumski specijalist koji preferira dublja tla i dobro podnosi nižu temperaturu okoliša, a može prezimljavati i u obliku ličinke i kao odrasla jedinka (THIELE 1977, BRANDMAYR 1983). Prethodna istraživanja su pokazala kako ova vrsta postiže veliku gustoću populacija u sličnim šumskim sastojinama na području Hrvatske (DURBEŠIĆ 1982, VUJČIĆ-KARLO 1999). Nadalje, Brandmayer (1983) je tijekom opsežnog istraživanja zajednica trčaka u primorskoj bukovo-jelovoj šumi s jesenskom šašikom (*Sesleria autumnalis*-Fagetum M. Wraber ex Borhidi 1963) u Sloveniji metodom lovnih posuda sakupio 20, 321 jedinku vrste *N. dahlii*. Također, relativno mala brojnost jedinki *N. dahlii* u prašumi moguće je uvjetovana dubinom tla, koje je na nekim postajama bilo pliće u odnosu na gospodarenu šumu.

Analiza hijerarhijskog klasteriranja pokazala je da zajednice trčaka u prašumi i gospodarenoj šumi pokazuju visok stupanj sličnosti i odvajaju se na visokih 67%. Razlog tome su ponajprije slični stanišni uvjeti prije svega otvorenosti sklopa, vlage tla, pH tla (BRIGIĆ 2012) i temperatura tla. Međutim, slične stanište prilike nisu jedini razlog, u obzir treba uzeti i klimatske promjene tijekom geološke prošlosti koje su imale utjecaj na biogeografsku rasprostranjenost vrsta na istraživanim staništima. Velik broj ulovljenih vrsta rasprostranjen je na području Alpa i dijela Balkanskog poluotoka (LÖBL i SMETANA 2003, TURIN i sur. 2003), a većinom je riječ o šumskim stenotopnim vrstama. Iste vrste ne mogu letjeti te imaju uski areal, a to su primjerice sljedeće vrste: *Molops ovipennis*, *M. piceus*, *M. striolatus* i *Reicheiodes rotundipennis* (LÖBL i SMETANA 2003). Nadalje, u istu skupinu vrsta ubrajamo i pet endemskih vrsta *Carabus caelatus*, *C. croaticus*, *C. creutzeri*, *N. dahlii* i *Trechus croaticus*, koje su rasprostranjenih na sjeverozapadnom Balkanu i uže, a neke imaju i disjunktni areal (LÖBL i SMETANA 2003, TURIN i sur. 2003). Očigledno je da se šumska fauna trčaka Gorskog kotara i Like sastoji od vrsta kojima je rasprostranjenost uglavnom ograničena na područje Alpa i Balkanskog poluotoka, a neke još mogu doći i na području srednje Europe.

Na osnovi Shannonovog indeksa raznolikosti (H') i Simpsonovog indeksa raznolikosti ($1-\lambda$) možemo zaključiti da je raznolikost trčaka bila veća u prašumi nego u gospodarenoj šumi, ali bogatstvo vrsta i brojnost jedinki pokazuju suprotan trend. Pieluov indeks jednolikosti (J') pokazao nam je da veća jednolikost zajednice trčaka također bila u prašumi. Vrijednosti Pielouovog indeksa jednolikosti u prašumi veće su prije svega zbog manje brojnosti jedinki vrste *N. dahlii*, dok ova vrsta s brojnošću jedinki ima izraženu dominaciju u gospodarenoj šumi. Dominantne vrste u prašumi dakle imaju ujednačeniji postotak brojnosti jedinki za razliku od gospodarene šume.

Gospodarena šuma i prašuma imaju gotovo iste dominantne vrste, te u obim tipovima šuma vrsta *N. dahlii* je brojnošću najdominantnija vrsta, a slijede je vrste *Pterostichus burmeisteri* i *Abax ovalis*. Razlika je samo u prisutnosti vrste *Carabus violaceus* koja je u prašumi dominantna vrsta s 228 ulovljenih jedinki, dok je u gospodarenoj šumi ulovljeno značajno manje jedinki, svega 64 jedinke ove vrste, a mogući razlog tome je što velikim vrstama trčaka odgovaraju staništa sa smanjenim stupnjem poremećaja, odnosno staništa koja dosežu klimaks (SZYSZKO 1983, BRANDMAYR 1983).

Subdominantne vrste za razliku od dominantnih vrsta između zajednica se značajno razlikuju, samo jedna vrsta u kategoriji subdominantnih je zajednička, vrsta *Cychnus attenuatus*.

Ova vrsta u oba tipa šuma zastupljena je sa gotovo jednakim postotkom (gospodarena šuma - 3,73%; prašuma - 3,49%). Razlika se prije svega očituje u vrstama *Aptinus bombardard* i *Pterostichus brevis*. Vrsta *A. bombardard* subdominantna je vrsta u gospodarenoj šumi, a u prašumi spada tek u subrecendentne vrste, gdje su ujedno pronađene samo dvije jedinke ove vrste. Razlog tome vjerojatno je to što ova vrsta preferira rubna staništa s dubokim i rahlim tlom (VUJČIĆ - KARLO 1999). Vrsta *P. brevis* subdominantna je u prašumi, a u gospodarenoj šumi ulazi u kategoriju subrecendentnih vrsta sa svega 0,20 %. Na temelju dosadašnjih istraživanja ova vrsta u Hrvatskoj naseljava šumska i livadna staništa planinskih područja (KOVAČEVIĆ 1958, RUCNER 1994). Od subdominantnih vrsta možemo izdvojiti još i dvije velike vrste trčaka *Carabus croaticus* i *C. caelatus* koje se javljaju u prašumi kao ponovni pokazatelj da velike vrste trčaka dominiraju u starijim šumama (SZYSZKO i sur. 2000). Prethodna istraživanja su pokazala da su prethodno spomenute vrste brojne u sličnim šumskim sastojinama na području Gorskog kotara te da su pripadale u kategoriju dominantnih i subdominantnih vrsta (DURBEŠIĆ 1982, VUJČIĆ - KARLO 1999).

5.2.1. Biologija dominantnih i subdominantnih vrsta trčaka u šumskim sastojinama

Kretanje sezonske dinamike vrsta slično je u gospodarenoj bukovo-jelovoj šumi i u prašumi. Ovisno o vremenu razmnožavanja vrsta razlikuje se i sezonska dinamika dominantnih i subdominantnih vrsta. Trčke prema vremenu razmnožavanja možemo podijeliti na proljetne vrste koje se razmnožavaju u proljeće i u rano ljeto, te prezimljuju kao odrasle jedinke i na jesenske vrste koje se razmnožavaju u jesen i prezimljuju u stadiju ličinke, no prema istraživanju provedenom u Engleskoj na vrstama *Calathus melanocephalus*, *C. fuscipes* i *C. erratus* (GILBERT 1956) uočeno je da neke jesenske vrste ne prezimljuju samo u ličinačkom stadiju, već da značajan dio jedinki prezimi i kao odrasle nakon čega može uslijediti novi period razmnožavanja. Iste vrste pripadaju u kategoriju bimodalnih vrsta koje se razmnožavaju u proljeće i u jesen te prezimljuju u oba oblika (BRANDMAYR 1981, VUJČIĆ - KARLO 1999). Vrsta *Carabus croaticus* aktivna je od svibnja do listopada, s dvije vršne vrijednosti, te je moguće riječ o bimodalnoj vrsti. Međutim, u literaturi nema podataka o biologiji vrste (TURIN i sur. 2003). Za vrstu *C. caelatus* zabilježena su dvije vršne vrijednosti, koje impliciraju da je riječ o bimodalnoj vrsti. Ovaj rezultat nije u skladu s TURIN i sur. (2003), gdje isti autori iznose da je ova vrsta uglavnom jesenska. No, općenito su podaci o biologiji ove vrste malobrojni (TURIN i sur. 2003). Treća velika vrsta trčka *C. violaceus*, zajedno s vrstama *Cychrus attenuatus*, *Pterostichus brevis* i vrstom *Leistus piceus* pripada jesenskim vrstama, njihova

aktivnost najveća je u jesenskim mjesecima (THIELE 1977, TRAUTNER i GEINGEMULLER 1987, WACHMANN i sur. 1995, TURIN i sur. 2003). Kao iznimku među jesenskim vrstama primjećujemo vrstu *L. piceus* koja u prašumi pokazuje povećanu aktivnost i u proljeće, no s obzirom na mali broj jedinki u tom tipu staništa tijekom cijele godine i tijekom vršne aktivnosti u šestom mjesecu, svega 21 jedinka, ovu aktivnost možemo zanemariti i zaključiti da je vrsta jesenska kao što to pronalazimo i u literaturnim podacima (LUKA i sur. 2009). Najbrojnija vrsta *N. dahlii* aktivna je od proljeća do jeseni, te pokazuje dvije vršne vrijednosti svoje aktivnosti, u oba tipa staništa, te zaključujemo da prema načinu razmnožavanja pripada bimodalnim vrstama. Vrste *Pterostichus burmeisteri*, *Abax ovalis* i *Molops piceus* također pokazuju bimodalni karakter, sve tri vrste imaju dvije vršne vrijednosti svoje aktivnosti (THIELE 1977, WACHMANN i sur. 1995, VUJČIĆ - KARLO 1999). Vrsta *Platynus scrobiculatus* aktivna je od travnja do studenog, pokazuje dvije vršne vrijednosti svoje aktivnosti, te je bimodalna vrsta, ovakav trend zabilježen i kod istraživanja kojeg je provela VUJČIĆ-KARLO (1999). U proljetne vrste pripadaju vrsta *Aptinus bombardae* koja je aktivna od travnja do rujna, i vrsta *Molops striolatus* koja vršnu aktivnost pokazuju u proljeće i u gospodarenoj šumi i u prašumi (THIELE 1977, HURKA 1996).

Na temelju dobivenih rezultata zaključujemo da najmanji broj dominantnih i subdominantnih vrsta pripada proljetnim vrstama te da u istraživanju prevladavaju jesenske i bimodalne vrste trčaka, što ujedno potvrđuje konstataciju da u šumskim staništima dominiraju jesenske vrste trčaka (THIELE i WEBER 1968).

5.3. Morfološke i ekološke značajke vrsta kao pokazatelji promjena na staništu

Analiza ekoloških i morfoloških svojstava (mogućnost leta) promatranih kod svih vrsta trčaka pokazala je da nema značajne razlike između trčaka gospodarene šume i prašume. S obzirom na morfologiju krila u oba tipa šuma prevladavaju brahipterne vrste, što ukazuje na to da je u oba tipa staništa prirodnost nenarušena (RIBERA i sur. 2001). Brojnost jedinki brahipternih vrsta smanjuje se ukoliko je intenzitet promjena na staništu veći, poseban utjecaj na faunu šumskih vrsta trčaka ima čista sječa, koja za posljedicu može imati potpunu zamjenu šumskih vrsta vrstama otvorenih staništa (HELIOLA i sur. 2001, KOIVULA i NIEMELÄ 2003, PIHLAJA i sur. 2006, SKŁODOWSKI 2006). Makropternih i dimorfnih vrsta trčaka ima znatno manji broj i u gospodarenoj šumi i u prašumi. Ove vrste mogu brzo reagirati na promjene u okolišu pa prevladavaju u manje stabilnim i fragmentiranim staništima (DEN BOER 1990, RIBERA i sur. 2001). S obzirom na ekološku

valenciju stenovalentne vrste trčaka brojnije su i u prašumi i u gospodarenoj šumi, iako je broj stenovalentnih vrsta ipak nešto veći u gospodarenoj šumi, što je vjerojatno rezultat dobrog prebornog gospodarenja koje rezultira stabilnim ekosustavom u kojem je smanjen broj eurivalentnih vrsta trčaka.

Prema preferenciji na vlagu u tlu u oba tipa šuma prevladavaju higrofilne vrste trčaka, što možemo povezati sa visokom prosječnom godišnjom količinom oborina na istraživanim područjima (ZANINOVIĆ i sur. 2008) što rezultira vlažnim tlom u oba tipa staništa. Nadalje, iste šume su tamne, zasjenjene i vlažne te se razlikuju od otvorenih toplih hrastovih šuma. Stoga, uniformni mikroklimatski uvjeti u bukovim šumama podržavaju vrste trčaka koji preferiraju vlažnije i hladnije uvjete, za razliku od hrastovih šuma (THIELE 1977).

Analiza ekoloških značajki vrsta nije pokazala značajnije razlike između istraživanih sastojina, međutim vrijednosti indeksa srednje individualne biomase (MIB) značajno su veće u prašumi nego u gospodarenoj šumi. Vrijednosti MIB-a veće su u prašumi zbog daleko veće brojnosti velikih vrsta trčaka kao što su *Carabus violaceus*, *C. croaticus* i *C. caelatus*. Općenito, u starijim šumama velike vrste trčaka su dominantnije te smanjenje poremećaja na staništu uvjetuje veću srednju duljinu tijela (SZYZSKO 1983, SZYZSKO i sur. 2000, LÖVEI i MAGURA 2006). MIB se pokazao kao dobar indikator sukcesije pošto broj velikih vrsta trčaka raste na staništu s napredovanjem sukcesije (SZYZSKO i sur. 2000, MAGURA i sur. 2002). Rezultati ovog istraživanja također se podudaraju s rezultatima istraživanja u listopadnim šumama i sukcesijskim stadijima koji su nastali čistom sječom (SKŁODOWSKI 2006). Ovisno o tipu šume, ovisi i stadij sukcesije, pa vrijednosti MIB-a mogu varirati (SZYZSKO 2007), no prema mnogobrojnim istraživanjima ovaj trend povećanja velikih vrsta u starijim šumama nije slučajna ili lokalna, primjerice isti rezultati dobiveni su u Poljskoj gdje je izvršeno istraživanje u borovim šumama različite starosti, te u Njemačkoj i Nizozemskoj (SZYZSKO i sur. 1996). Sastav zajednice trčaka u starim šumama karakteriziran je velikim vrstama trčaka i zbog velike količine mrtvog drva, koje služi kao ekološki mikrorefugij, za zimsku i dnevnu hibernaciju (SKŁODOWSKI 2006, NITU i sur. 2009). Možemo zaključiti da vrijednosti MIB-a u istraživanjima mogu biti dobar pokazatelj gospodarenja šumama te poslužiti kao dobar bioindikator za praćenje kvalitete tla, takvo istraživanje provedeno je u Poljskoj gdje su vrijednosti MIB-a pokazale da velike vrste trčaka preraferiraju produktivnije i nutrijentima bogatije tlo (SZYZSKO 2007).

Vrijednosti indeksa sklonosti šumskim staništima izuzetno su velike u obje šumske sastojine. Međutim, vrijednosti indeksa su ipak nešto veće u gospodarenoj šumi što je suprotno rezultatima sličnih istraživanja koja su pokazala da se brojnost šumskih specijalista drastično smanjuje u gospodarenim šumama (NIEMELÄ i sur. 1988, ASSMANN 1999). Ovakvom rezultatu vjerojatno je pridonjelo dobro preborno gospodarenje koje šumskim specijalistima osigurava uvjete potrebne za opstanak, kao što su tama, hladnije tlo i zasjenjenost (BRANDMAYR 1983).

5.4. Implikacije na konzervaciju

Od 38 prikupljenih vrsta, samo jedna vrsta ulazi i u kategoriju ugroženih vrsta (EN) prema IUCN (Međunarodna komisija za očuvanje prirode) kategorizaciji, vrsta *Pterostichus variolatus*. Vrsta *P. variolatus* je stenotopna šumska vrsta malog areala rasprostranjenosti što je razlog njene ugroženosti. Rezultati ovog istraživanja nam ukazuju kako šumske stenotopne vrste većinom nisu ugrožene ovim načinom gospodarenja. Međutim, važno je istaknuti kako velike vrste trčaka roda *Carabus* Linne, 1758 (*C. caelatus*, *C. catenulatus*, *C. croaticus*, *C. irregularis*) spadaju u niskorizične vrste te su brojnije u prašumi nego u gospodarenoj šumi. Mogući uzrok tome jest veća količina mrtvog drveta, kako ležećeg tako i dubećeg, kojeg ove vrste koriste kao mjesta za spavanje i hibernaciju. Koliki je zapravo utjecaj prebornog gospodarenja na faunu trčaka potrebno je utvrditi budućim istraživanjima koja bi trebala obuhvatiti veći broj gospodarenih šuma i prašuma te bi faunu trčaka trebalo pratiti kroz duži vremenski period.

6. ZAKLJUČAK

Lokalna okolna heterogenost staništa utjecala je na povećanje bogatstva vrsta trčaka u gospodarenoj šumi.

Brojnost jedinki trčaka je značajno veća u gospodarenoj šumi nego li u prašumi što je prvenstveno uvjetovano dominacijom vrste *Nebria dahliei* koja u ovim šumama ima guste populacije.

Zajednice trčaka gospodarene šume i prašume pokazuju visok stupanj međusobne sličnosti što je ponajprije utjecano sličnošću okolišnih čimbenika, ali i klimatskim promjenama tijekom pleistocena koje su utjecale na rasprostranjenost europskih svojti.

Ekološke preferencije (preferencije prema staništu, preferencije prema vlazi u tlu, ekološka valencija vrsta) nisu pokazale statistički značajne razlike u istraživanim šumama, međutim analiza morfoloških značajki, ponajprije veličine tijela, pokazala se kao koristan alat u detektiranju promjena u istraživanim šumskim sastojinama. Naime, u prašumi prevladavaju veće vrste trčaka, uglavnom vrste roda *Carabus* Linne, 1758 koje preferiraju neuznemiravana staništa. Iste vrste su utjecale i na povećanje srednje vrijednosti individualne biomase trčaka, te se ovaj indeks pokazao korisnim u detektiranju razlika između istraživanih šumskih sastojina.

U obje šumske sastojine zabilježene su visoke vrijednosti indeksa sklonosti šumskim staništima, te ovaj indeks implicira da preboran način gospodarenja ima mali utjecaj na faunu trčaka.

Većina vrsta ulovljenih tijekom istraživanja nije ugrožena, ugrožena je tek jedna vrsta *Pterostichus variolatus* zbog svojeg uskog areala rasprostranjenosti. Također, primjećen je veći broj endemskih vrsta trčaka što govori u prilog očuvanosti istraživanih staništa.

Rezultati istraživanja impliciraju da preboran način gospodarenja ima mali utjecaj na faunu trčaka. Međutim, razlike u indeksu srednje vrijednosti individualne biomase trčaka (MIB-u) ukazuju na promjene u strukturi zajednice trčaka između istraživanih šuma. No, kako bi se utvrdio stvaran utjecaj prebornog gospodarenja na faunu trčaka potrebno je provesti daljnja istraživanja koja bi obuhvatila veći broj gospodarenih šuma i nekolicinu prašuma kroz duži vremenski period.

7. LITERATURA

- Allegro G., Sciaky R. (2002): Assessing the potential role of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) as bioindicators in poplar stands with a newly proposed ecological index (FAI). *Forest Ecology and Management* **175**: 275-284.
- Arndt E., Buetel R.G., Will K.W (2005): 7.8 Carabidae Lareille, 1802. U: Kirstensen N.P., Buetel R.G. (ur.) *Handbook of Zoology, Vol. IV Arthropoda: Insecta. Part 38: Coleoptera. Vol 1: Morphology and Systematic (Archostomata, Adephaga, Myxophaga, Polyphaga (partim))* (Vol. ur. Buetel R.G., and Leshen R.A.B.). Walter De Gruyter. Berlin, New York, str: 119-146.
- Assmann T. (1999): The ground beetle fauna of ancient and recent woodlands in the lowlands of north-west Germany (Coleoptera, Carabidae). *Biodiversity and Conservation* **8**: 1499-1517.
- Barber H.S. (1931): Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society* **46**: 259-266.
- Blake S., Foster G.N., Eyre M.D., Luff M.L. (1994): Effects of habitat type and grassland management practices on the body size distribution of carabid beetles. *Pedobiologia* **38**: 502-512.
- Boncina A. (2011): History, current status and future prospects of uneven-aged forest management in the Dinaric region: an overview. *An International Journal of Forest Research* **84**: 467-478.
- Brandmayr P. (1983): The main axes of the coenoclineal continuum from macroptery to brachyptery in carabid communities of the temperate zone. U: Brandmayr P, Den Boer PJ, Weber F (ur) *Ecology of carabids: the synthesis of field study and laboratory experiment*. University of Münster, Westphalia, str. 147-169.
- Brigić A. (2012): Struktura zajednice trčaka (Coleoptera, Carabidae) ekotona šume bukve i jele i otvorenih staništa Dinarida Hrvatske. Doktorska disertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

- Chen J., Franklin J.F., Spies T.A. (1993): Contrasting microclimate among clear cut, edge and interior of old growth Douglas-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology* **63**: 219-237.
- Clarke K.R., Warwick R.M. (2001): Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, ed. 2. PRIMER-E, Plymouth.
- Clarke K.R., Gorley R.N. (2006): PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- Den Boer P.J. (1990): Density limits and survival of local populations in 64 carabid species with different powers of dispersal. *Journal of Evolutionary Biology* **3**: 19-48.
- Desender K., Ervynck A., Tack G. (1999): Beetle diversity and historical ecology of woodlands in Flanders. *Belgian Journal of Zoology* **129**: 139-155.
- Diaci J. (2003): Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation o a silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps. *Forest Ecology and Management* **161**: 27-38.
- Durbešić P. (1982) Fauna kornjaša (Coleoptera) šumskih zajednica Gorskog kotara. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Drovenik B. (1978): Cenotske, ekološke i fenološke raziskave karabidov (Carabidae-Coleoptera) v nekaterih mraziščih Trnovskega gozda (Smrečje, Smrekova draga). Doktorska naloga, Univerza v Ljubljani, VTOZD za biologijo Biotehniške Fakultete, Ljubljana.
- Fournier E., Loreau M. (2001): Respective roles of recent hedges and forest patch remnants in the maintenance of ground-beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity in an agricultural landscape. *Landscape Ecology* **16**: 17-32.
- Freedman B., Zelazny V., Beaudette D., Fleming T., Forbes G., Gerow G.S., Johnson G., Woodley S. (1996): Biodiversity implications of changes in the quantity of dead organic matter in managed forests. *Environmental Review* **4**: 238-265.
- Gilbert O. (1956): The natural histories of four species of *Calathus* (Coleoptera, Carabidae) living on sand dunes in Anglesey. North Wales. *Oikos*. **7**, 22-47.

- Gullan P.J., Crantson P.S. (2005): The insects: An outline of Entomology, 5th Edition.
- Heliölä J., Koivula M., Niemelä J. (2001): Distribution of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) across a boreal forest-clearcut ecotone. *Conservation Biology* **15**(2): 370-377.
- Hertz M. (1927): Houmioita petokuoriaisten olinpaikoista. *Luonnon Ystävä* **31**: 218-222.
- Heydemann B. (1956): Über die Bedeutung der "Formalinfallen" für die zoologische Landesforschung. *Faunistische Mitteilungen aus Norddeutschland* **6**: 19-24.
- Holland J.M. (2002): Carabid beetles: their ecology, survival and use in agroecosystems. U: Holland JM (ur.) *The agroecology of carabid beetles*. Intercept Ltd., Andover, 1-40.
- Holopainen J.K., Bergman T., Hautala E-L., Oksanen J. (1995): The ground beetle fauna (Coleoptera: Carabidae) in relation to soil properties and foliar fluoride content in spring cereals. *Pedobiologia* **39**: 193-206.
- Honěk A. (1997): The effect of plant cover and weather on the activity density of ground surface arthropods in a fallow field. *Entomological research in organic agriculture* **3**: 203-210.
- Huber C., Baumgarten M. (2005): Early effects of forest regeneration with selective and small scale clear-cutting on ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in a Norway spruce stand in Southern Bavaria (Höglwald). *Biodiversity and Conservation* **14**: 1989-2007.
- Hůrka K. (1996): Carabidae of the Czech and Slovak Republics. Kabourek, Zlín.
- Jiguan C., Franklin J.F., Spies T.A. (1998): Microclimatic pattern and basic biological response at the clearcut edges of old-growth Douglas-fir stands. *Northwest Environmental Journal* **7**: 222-223.
- Klopčič M., Poljanec A., Gartner A., Bonacina A. (2009): Factors related to nature disturbance in mountain Norway spruce (*Picea abies*) forest in the Julian Alps. *Ecoscience* **16**: 48-57.

- Knapp M., Ružička J. (2008): The effect of pitfall trap construction and preservative on catch size, species richness and species composition of ground beetles (Coleoptera:Carabidae). *European Journal of Entomology* **109**: 419-426.
- Koivula M.J., Punttila P., Haila Y., Niemelä J. (1999): Leaf litter and the small-scale distribution of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in the boreal forest. *Ecography* **22**(4): 424-435.
- Koivula M.J. (2001): Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in boreal managed forests – meso-scale ecological patterns in relation to modern forestry. PhD Thesis, Faculty of Science, University of Helsinki, Helsinki.
- Koivula M.J. (2002): Alternative harvesting methods and boreal carabid beetles (Coleoptera, Carabidae). *Forest Ecology and Management* **167**: 103-121.
- Koivula M.J., Kukkonen J., Niemelä J. (2002): Boreal carabid-beetle (Coleoptera, Carabidae) assemblages along the clear-cut originated succession gradient. *Biodiversity and Conservation* **11**: 1269-1288.
- Koivula M.J., Niemelä J. (2003): Gap felling as a forest harvesting method in boreal forests: responses of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae). *Ecography* **26**: 179-187.
- Kovačević Ž. (1958): Entomološka istraživanja u Nacionalnom parku "Plitvička jezera", Nacionalni park.
- Korpel S. (1989): The Poetic Structure of Priestly Blessing. *Journal for the Study of the Old Testament* **45**: 3-13.
- Korpel S. (1995): *Die Urwälder der Westkarpaten*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-Jena-New York.
- Kurth H. (1994): *Forsteinrichtung Nachhaltige Regelung des Waldes*. Deutscher Landschaftsverlag, Berlin, Germany, str. 592 .
- Krebs C.J. (1989): *Ecological Methodology*. Harper and Row., New York, USA.

- Johann E. (2007): Traditional forest management under the influence of science and industry: the story of the alpine cultural landscapes. *Forest Ecology and Management* **249**: 54-62.
- Laub C., Youngman R., Love R., Mizze T. (2008): Using pitfall traps to monitor insect activity. *Virginia Cooperative Extension* **5**: 444-416.
- Löbl I., Smetana A (ur.) (2003) *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*, Vol. 1. Apollo Books, Stenstrup.
- Lövei G.L., Sunderland K.D. (1996): Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology* **41**: 231-256.
- Lövei G.L., Magura T. (2006): Body size changes in ground beetle assemblages – a reanalysis of Braun et. al. (2004)'s data. *Ecological Entomology* **31**: 411-414.
- Luff M.L. (2007): *The Carabidae (ground beetles) of Britain and Ireland. Handbooks for the identification of British Insects.* Royal Entomological Society, St. Albans.
- Luka H., Marggi W., Huber C., Gonseth Y., Nagel P. (2009): *Coleoptera, Carabidae: ecology, atlas. Fauna Helvetica*, 24. Centre suisse de cartographie de la faune & Schweizerische Entomologische Gesellschaft, Neuchâtel.
- Magura T., Tóthmérész B., Molnár T. (2002): Forest edge and diversity: carabids along forest-grassland transects. *Biodiversity and Conservation* **10**: 287-300.
- Mason W.L. (2002): Are irregular stands more windfirm? *Forestry* **75**: 347-355.
- Martinović J. (1997): *Tloznanstvo u zaštiti okoliša, priručnik za inženjere.* Državna uprava za zaštitu okoliša, Zagreb.
- MeGeoch M.A., Chown S.L. (1998): Scaling up the value of bioindicators. *Trends in Ecology and Evolution* **13**: 46-47.

- Muller-Motzfeld G. (Ed.) 2006 Bd. 2 Adephaga 1: Carabidae (Laufkafer). (U): Freude H., Harde K-W., Lohse G.A., Klausnitzer B. :Die Kafer Mitteleuropas. Spektrum-Verlag (Heidelberg/Berlin), 2: str. 521.
- Murcia C. (1995): Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* **10**: 58-62.
- Nagel T.A., Diaci J. (2006): Intermediate wind disturbance in an old-growth beech-fir forests in south eastern Slovenia. *Canadian Journal of Forest research* **36**: 629-638.
- Nagel T.A., Levanic T., Diaci J. (2007): A dendroecological reconstruction of disturbance in an old-growth *Fagus-Abies* forest in Slovenia. *Annals of Forest Science* **64**: 891-897.
- Niemelä J., Haila Y., Halme E., Lahti T., Pajunen T., Punttila P. (1998): The distribution of carabid beetles in fragments of old coniferous taiga and adjacent managed forest. *Annales Zoologici Fennici* **25**: 107-119.
- Niemelä J. (1999): Management in relation to forest disturbances and dynamics. *Forest Ecology and Management* **115**: 127-134.
- Niemelä J., Spence J. (1999): Dynamics of local expansion by an introduced species: *Pterostichus melanarius* Ill. (Coleoptera, Carabidae) in Alberta, Canada. *Diversity and Distributions* **5**: 121-127.
- Nițu E., Olenici N., Popa I., Nae A., Biriș I.A. (2009): Soil and saproxylic species (Coleoptera, Collembola, Araneae) in primeval forests from the northern part of South-Eastern Carpathians. *Annals of Forest Research* **52**: 27-54.
- Pearce J.L., Veiner L.A. (2006): The use of ground beetles (Coleoptera:Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest managment. *Ecological Indicators* **6**: 780-793.
- Pedlar J.H., Pearce J.L., Veiner L.A., McKenney D.W. (2002): Coarse woody debris in relation to disturbance and forest type in boreal Canada. *Forest Ecology and Management* **158**: 189-194.

- Pihlaja M., Koivula M., Niemelä J. (2006): Responses of boreal carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) to clear-cutting and top-soil preparation. *Forest Ecology and Management* **222**: 182-190.
- Prpić B. (1979): Struktura i funkcioniranje prašume bukve i jela (*Abieti-Fagetum Ilyricum*/Horv. 1938) u Dinaridima Hrvatske. II. Kongres ekologa Jugoslavije, Zadar.
- Prpić B. (2001): Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, str. 415.
- Rainio J., Niemelä J. (2003): Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* **12**: 487-506.
- Rauš Đ.(1992): Šume u Hrvatskoj. Grafički Zavod Hrvatske, Zagreb.
- Ribera I., Doledec S., Downie I.S., Foster G.N. (2001): Effect of land disturbance and stress on species traits of ground beetle assemblages. *Ecology* **82**: 1112-1129.
- Robić D., Acceto M. (2002): Estimation of site conditions of the chosen locations and the ecological implications for selection forest management. *Gozd.Vestn.* **60**: 343-351.
- Rucner Z. (1994): Beitrag zur Entomofauna einiger Waldassoziationen Kroatiens. *Natura Croatica* **3**: 1-22.
- Salgado J.M., Ortuño V.M. (1998): Two new cave-dwelling beetle species (Coleoptera: Carabidae: Trechinae) of the Cantabrian karst (Spain). *The Coleopterists Bulletin* **52**(4): 351-362.
- Scherzinger W. (1996): Naturschutz im Wald. Verlage. Ulmer. Stuttgart.
- Skłodowski J.J.W. (2004): The occurrence of carabids in yellow plates in the Białowieża Primeval Forest. *Baltic Journal of Coleopterology* **4** (2): 117-123.

- Skłódowski J.J.W. (2006): Anthropogenic transformation of ground beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) in Białowieża Primeval Forest, Poland: from primeval forests to managed woodlands of various ages. *Entomologica Fennica* **17**: 296-314.
- Sroka K., Finch O.D. (2006): Ground beetle diversity in ancient woodland remnants in north-western Germany (Coleoptera, Carabidae). *Journal of Insect Conservation* **10**: 335-350.
- Sunderland K.D. (2002): Invertebrate pest control by carabids. U: Holland J M (ur) *The agroecology of carabid beetles*. Intercept Ltd., Andover, str. 165-214.
- Szyszek J. (1983): Methods of macrofauna investigations. U: Szujewski A, Szyszek J, Mazurski S, Perliński S (ur.) *The process of forest soil macrofauna formation after afforestation of farmland*. Warsaw Agricultural University Press, Warsaw, str. 10-16.
- Szyszek J. (1990): Planning of prophylaxis in threatened pine forest biocoenoses based on an analysis of the fauna of epigeic Carabidae. Warsaw Agricultural University Press, Warsaw.
- Szyszek J. Boer den P.J., Vermeulen H.J.R. (1996): Survival and reproduction in relation to habitat quality and food availability for *Pterostichus oblongopunctatus* F. (Carabidae, Coleoptera). *Acta Jutlandica* **71**: 25-40.
- Szyszek J., Vermeulen H.J.W., Klimaszewski K., Abs M., Schwerk A. (2000): Mean Individual Biomass (MIB) of ground beetles (Carabidae) as an indicator of the state of the environment. U: Brandmayr P, Lövei G, Zetto Brandmayr T, Casale A, Vigna Taglianti A (ur.) *Natural history and applied ecology of carabid beetles*. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, str. 289-294.
- Szyszek J., Schwerk A. (2007): Increase of Mean Individual Biomass (MIB) of Carabidae (Coleoptera) in relation to succession in forest habitats. *Wiad. Entomology* **26**(3): 195-206.
- Šafar J. (1987): Preborna šuma. Šumarska enciklopedija, Zagreb.
- Šustek Z. (1987): Changes in body size structure of carabid communities (Coleoptera: Carabidae) along an urbanisation gradient. *Biologia* **42**: 145-156.

- Thiele H.U., Weber F. (1968): Tagerythmen der Aktivitat bei Carabiden. *Oecologia* **1**: 315-355.
- Thiele H.U. (1977): Carabid beetles in their environments. Springer-Verlag, Berlin.
- Thomas C.F.G., Holland J.M., Brown N.J. (2002): The spatial distribution of carabid beetles in agricultural landscapes. U: Holland JM (ur.) The agroecology of carabid beetles. Intercept Ltd., Andover, str. 305-344.
- Tietze F. (1973): Zur Ökologie, Soziologie und Phänologie der Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae) des Grünlandes im Süden der DDR II, 2. Teil: Die diagnostisch wichtigen Carabidenarten des untersuchten Grünlandes und ihre Verbreitungsschwerpunkte. *Hercynia* **10**: 111-126.
- Tischler W. (1949): Grundzüge der terrestrischen Tierökologie. Vieweg, Braunschweig.
- Toft S., Bilde T. (2002): Carabid diets and food value. U: Holland JM (ur.) The agroecology of carabid beetles. Intercept Ltd., Andover, str. 81-110.
- Trautner J., Geigenmüller K. (1987): Tiger beetles and ground beetles, illustrated key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe. Josef Margraf, Aichtal.
- Tregubov V. (1957): Prebiralni gozdovi na Snezniku. Vegetacijska in gozdnogospodarska monografija. IGLG Slovenije, Strokovna in znanstvena dela 4, Kmecka knjiga, Ljubljana, Slovenija, str. 164.
- Turin H., Penev I., Casale A. (2003): The genus *Carabus* in Europe. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow.
- Väisänen R., Biström O., Heliövaara K. (1993): Sub-cortical Coleoptera in dead pines and spruces: is primeval species composition maintained in managed forests? *Biodiversity and Conservation* **2**: 95-113.
- Vujčić-Karlo S. (1999): Faunističko - ekološka istraživanja trčaka (Carabidae) u različitim šumskim zajednicama Hrvatske. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

- Vujčić-Karlo S., Brigić A., Šerić Jelaska L., Kokan B., Hrašovec B. (2007): Crveni popis ugroženih vrsta trčaka (Coleoptera, Carabidae) u Hrvatskoj. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb. (http://www.dzzp.hr/publikacije/crveni_popis_trchci.pdf).
- Vukelić J., Mikac S., Baričević D., Bakšić D., Posavec R. (2008): Šumska staništa i šumske zajednice u Hrvatskoj, Nacionalna ekološka mreža. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
- Vukelić J., Mikac S. (2010): Znanstvena analiza značajki prašuma sjevernoga Velebita i uspostavljanje monitoringa kao polazišta za praćenje promjena u šumskim staništima, posebice unutar ekološke mreže NATURA 2000. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Wachmann E., Platen R., Brandt D. (1995): Laufkäfer - Beobachtung, Lebensweise. Naturbuch Verlag, Augsburg.
- Woodcock B.A. (2005): Pitfall trapping in ecological studies. U: Leather S (ur.) Insect sampling in forest ecosystems. Blackwell Publishers, Oxford, str. 37-57.
- Zaninović K., Gajić-Čapka M., Perčec Tadić M., Vučetić M., Milković J., Bajić A., Cindrić K., Cvitan L., Katušin Z., Kaučić D., Likso T., Lončar E., Lončar Ž., Mihajlović D., Pandžić K., Patarčić M., Srnec L., Vučetić V. (2008): Klimatski atlas Hrvatske: 1961.-1990., 1971.-2000. Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb.

8. PRILOZI

Prilog 1. Popis vrsta s obzirom na: 1) preferencije prema staništu: F - šumske vrste (preferiraju zasjenjena staništa), O - vrste koje preferiraju otvorena staništa, OF - vrste indiferentne na zasjenjenost. 2) mogućnost leta: B - brahipterne vrste, M - makropterne vrste, D - dimorfne vrste. 3) afinitet prema vlazi u tlu: H - higrofilne vrste, M - mezofilne vrste, X - kserofilne vrste. 4) ekološku valenciju: E - eurivalentne vrste, S - stenovalentne vrste. 5) vrijednosti Fi parametra +1 - vrste specijalisti šumskih staništa, +0,5 - vrste sklone šumskim staništima, 0 - vrste generalisti, -0,5 - vrste sklone otvorenim staništima, -1 - vrste specijalisti otvorenih staništa. Podaci za ekološke i morfološke značajke preuzeti su iz literature (TRAUTNER i GEIGENMÜLLER 1987, LINDROTH 1992, WACHMANN i sur. 1995, HŮRKA 1996, TURIN i sur. 2003, MÜLLER-MOTZFELD 2006).

Ime vrste	Preferencije prema staništu	Mogućnost leta	Preferencije prema vlazi u tlu	Ekološka valencija	Vrijednost Fi
<i>Abax ovalis</i>	F	B	H	E	1
<i>Abax parallelepipedus</i>	F	B	M	E	1
<i>Amara communis</i>	F	M	M	E	1
<i>Amara nitida</i>	F	M	M	E	1
<i>Amara ovata</i>	F	M	M	E	1
<i>Aptinus bombardia</i>	O	B	M	S	-1
<i>Bembidion lampros</i>	F	M	M	E	1
<i>Carabus caelatus</i>	O	B		S	-1
<i>Carabus catenulatus</i>	O	B	M	E	-1
<i>Carabus coriaceus</i>	F	B	M	E	1
<i>Carabus creutzeri</i>	O	B	H	S	-1
<i>Carabus croaticus</i>	F	B	M	E	1
<i>Carabus irregularis</i>	OF	B	H	S	0,5
<i>Carabus violaceus</i>	F	B	M	E	0,5
<i>Cychrus attenuatus</i>	F	B	H	S	1
<i>Harpalus rufipes</i>	F	M	M	E	1
<i>Leistus nitidus</i>	F	B	H	S	1
<i>Leistus piceus</i>	F	B	H	S	1
<i>Leistus spinibarbis</i>	OF	M	X	S	0,5
<i>Licinus hoffmannseggii</i>	OF	B	M	E	0
<i>Molops elatus</i>	F	B	H	E	1
<i>Molops ovipennis</i>	O	B	M	E	0
<i>Molops piceus</i>	OF	B	H	E	0,5
<i>Molops striolatus</i>	F	B	M	S	1
<i>Nebria dahlii</i>	OF	B	H	S	0,5
<i>Notiophilus biguttatus</i>	F	D	H	E	1
<i>Platynus scrobiculatus</i>	F	B	H	S	1

Prilog 1. Popis vrsta s obzirom na: 1) preferencije prema staništu: F - šumske vrste (preferiraju zasjenjena staništa), O - vrste koje preferiraju otvorena staništa, OF - vrste indiferentne na zasjenjenost. 2) mogućnost leta: B - brahipterne vrste, M - makropterne vrste, D - dimorfne vrste. 3) afinitet prema vlazi u tlu: H - higrofilne vrste, M - mezofilne vrste, X - kserofilne vrste. 4) ekološku valenciju: E - eurivalentne vrste, S - stenovalentne vrste. 5) vrijednosti Fi parametra $+1$ - vrste specijalisti šumskih staništa, $+0,5$ - vrste sklone šumskim staništima, 0 - vrste generalisti, $-0,5$ - vrste sklone otvorenim staništima, -1 - vrste specijalisti otvorenih staništa. Podaci za ekološke i morfološke značajke preuzeti su iz literature (TRAUTNER i GEIGENMÜLLER 1987, LINDROTH 1992, WACHMANN i sur. 1995, HURKA 1996, TURIN i sur. 2003, MÜLLER-MOTZFELD 2006) (*nastavak tablice s prethodne stranice*).

Ime vrste	Preferencije prema staništu	Mogućnost leta	Preferencije prema vlazi u tlu	Ekološka valencija	Vrijednost Fi
<i>Poecilus versicolor</i>	F	M	M	E	1
<i>Pterostichus brevis</i>	F	B	H	S	1
<i>Pterostichus burmeisteri</i>	F	B	M	S	1
<i>Pterostichus fasciatopunctatus</i>	F	B	H	E	1
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	O	M	H	E	0,5
<i>Pterostichus variolatus</i>	F	B	M	S	1
<i>Reicheiodes rotundipennis</i>	F	B	H	S	1
<i>Stomis pumicatus</i>	F	B	H	E	0,5
<i>Stomis rostratus</i>	F	B	M	S	1
<i>Synuchus vivalis</i>	F	M	M	E	1
<i>Trechus croaticus</i>	O	B	M	S	-1
<i>Trichotichnus laevicollis</i>	F	M	H	E	1

9. ŽIVOTOPIS

OSOBNİ PODACI

Ime i prezime: Sandra Slivar

Adresa: Vinogradska 2, Kloštar Ivanić 10312

Elektronička pošta: sandra_7@live.com

Datum rođenja: 18.07.1989.

OBRAZOVANJE

2012. -2015	Prirodoslovno-matematički fakultet Diplomski studij ekologije i zaštite prirode
2009. - 2012.	Prirodoslovno- matematički fakultet Preddiplomski studij biologije
2004. - 2008.	Srednja škola Ivan Švear Gimnazija
1996. - 2004.	Osnovna škola braće Radić, Kloštar Ivanić

OSOBNİ VJEŠTINE

Jezici:

engleski

Razumijevanje: odlično

Govor: vrlo dobro

Pisanje: vrlo dobro

Računalne sposobnosti:

Aktivno i svakodnevno korištenje Microsoft Office paketa

Vozačka dozvola:

B kategorija

POSEBNE NAGRADE

Posebna Rektorova nagrada za aktivno sudjelovanje na manifestaciji 'Noć Biologije' 2012.

Općinska stipendija (Kloštar-Ivanić) prema kriteriju izvrsnosti 2013.-2014.